

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年10月4日 (04.10.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/74123 A1

(51) 国際特許分類: H05H 1/00, H01L 21/205, 21/302, B01J 19/08, G01N 29/04, G01H 1/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/02536

(22) 国際出願日: 2001年3月28日 (28.03.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2000-089840 2000年3月28日 (28.03.2000) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 科学技術振興事業団 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CORPORATION) [JP/JP]; 〒332-0012 埼玉県川口市本町4丁目1番8号 Saitama (JP). 財団法人 熊本テクノポリス財団 (KUMAMOTO TECHNOPOLICE FOUNDATION) [JP/JP]; 〒861-2202 熊本県上益城郡益城町大字田原2081番地10 Kumamoto (JP).

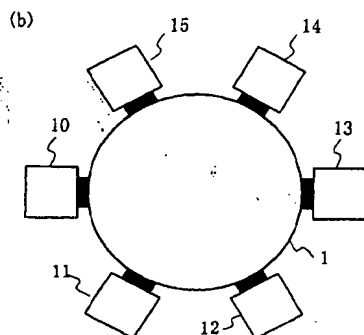
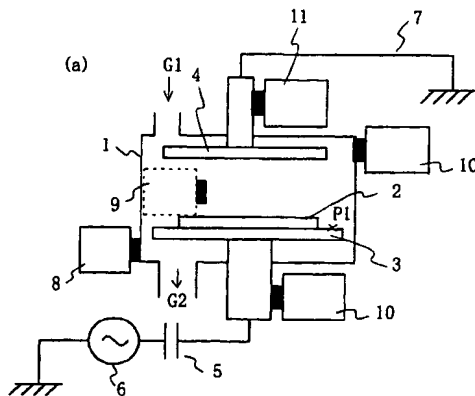
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 八坂三夫 (YASAKA, Mitsuo) [JP/JP]; 〒862-0939 熊本県熊本市長嶺南6丁目21番57号 Kumamoto (JP). 竹下正吉 (TAKESITA, Masayoshi) [JP/JP]; 〒862-0920 熊本県熊本市月出6丁目5番141号107 Kumamoto (JP).

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS FOR DETECTING PLASMA ANOMALOUS DISCHARGE AND METHOD OF DETECTING THE SAME

(54) 発明の名称: プラズマ異常放電検出装置及びその検出方法



(57) Abstract: Anomalous discharge during a plasma processing and its position is specified by arranging a plurality of ultrasonic-wave detecting means in the structural components of a plasma processing chamber, measuring the ultrasonic wave generated by the anomalous discharge with the ultrasonic-wave detecting means, comparing the sensor outputs of the ultrasonic-wave detecting means on the same time axis, and determining the difference in propagation time and the maximum amplitude of the ultrasonic-wave detecting means, and the display and the alarm are given. Only four ultrasonic-wave detecting means installed on the wall surface of the processing chamber are used because an iterative asymptotic calculation is performed of a relation between the difference in the propagation time and the distance from the anomalous discharge source. The lower cover of a hold case is bonded to a specified position of the processing chamber, while an AE sensor is pressed by appropriate pressure from the upper inner side.

[続葉有]

WO 01/74123 A1



(74) 代理人: 弁理士 田村敏朗(TAMURA, Toshio); 〒 添付公開書類:
116-0013 東京都荒川区西日暮里4丁目17番1号 佐原 — 国際調査報告書
マンション203号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, 2文字コード及び他の略語については、定期発行される
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR). 各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

プラズマ処理室の構成部品に複数個の超音波検出手段を配置し、異常放電発生時に発生する超音波を超音波検出手段で測定、それぞれの超音波検出手段のセンサー出力同士を同一時間軸で比較して、超音波検出手段における伝播時間の差及び最大振幅幅を求め、これらを基にプラズマ処理中の異常放電の発生とその位置を特定し、表示・警報する。伝搬時間の差と異常放電源からの距離との関係式を反復漸近法で計算することにより、処理室壁面に設置した4個の超音波検出手段で済ませることができる。ホールドケースは、その下部カバーを処理室の所定位置に接着し、上部カバーで上部内側から適度の圧力でAEセンサーを圧接する。

明 細 書

プラズマ異常放電検出装置及びその検出方法

技術分野

本発明は、直流電源または高周波電源からの高周波電圧を一对の電極に印加した際に前記一对の電極間に生成されるプラズマ放電において発生する異常放電を検出するプラズマ異常放電検出装置、その検出方法及びA Eセンサー・ホールド・ケースに関する。

背景技術

現在、半導体製造分野において、C V D (Chemical Vapor Deposition)、アッシング、エッチング、スパッタリング或いは表面処理等のために、プラズマ放電を用いて被処理基体を処理するプラズマ処理方法が広く用いられている。そのプラズマ処理装置におけるプラズマに発生する異常放電は、ダスト発生、被処理基体表面の損傷、基体の汚染、基体電気素子の絶縁破壊等を引き起こす。これに対処するため異常放電発生の的確な検出及びその発生位置の特定が求められている。現在、様々な研究がなされ、プラズマの発光強度の変化、電源の電圧、電流の変化、プラズマ・インピーダンスの変化、高調波の変化を検出することにより異常放電を検出することが試みられている。

しかしながら高周波プラズマにおいては、プラズマの発光強度変化を監視する方法では、多くのプラズマ処理装置のプラズマ生成部がシールドで覆われているため、異常放電によるプラズマ発光変化の検出はオプティカル・ファイバーを取付けるのにかなりの装置の改造が必要であり、また、取付けたとしても、プラズマ特性が変化してしまう問題があり、

あるいは、プロセスチャンバーに覗き窓が開いている装置でも、プラズマ発光部全体を覗くことはできず、位置の特定において異常放電の確実な検出は困難である。

5 また、RF電源の電圧、電流の変化、プラズマ・インピーダンスの変化をモニターして異常放電を検出する方法では、異常放電の発生を完全には検出できず、加えて、異常放電が電極以外の所でも発生するため、異常放電が完全に検出されたとしてもその位置の特定は不可能である。高調波の発生状況の変化を検出する方法では、異常放電の発生は検出できるものの、異常放電の位置の特定に関しては不可能な問題がある。従って、現状の技術では、異常放電発生の検出及び位置特定が可能な検出
10 方法はなかった。

また、メンテナンス時等の超音波検出手段（AEセンサー）の取り付け・取り外しを容易にし、取り外しの際の打撃によるAEセンサー破損、及び性能劣化を防止し、且つ、再現性の良い取り付けを行うことができ、
15 AEセンサーによる超音波検出の精度を安定させることが必要であった。

発明の開示

本発明者らは、プラズマ放電処理装置においてプラズマ放電の異常放電を検出し得る指標因子となるべきものを研究した結果、プラズマの異常放電発生時に超音波が生ずることを知見し、該超音波をプラズマの異常放電検出の指標として利用できることを見出した。
20

本発明の目的は、プラズマ処理装置において発生するプラズマの異常放電を超音波検出部により検出する装置及び方法を提供することである。

さらに、本発明の目的は、超音波検出部を複数個プラズマ発生装置の
25 所定の位置に設けて、異常放電の発生部位を精度よく検出し得る装置及びその検出方法を提供することである。

さらに、本発明の目的は、超音波発生エネルギーの大きさを計測することにより、異常放電の大きさを推定し、異常放電発生部位を表示し及び所定値以上のときには警報を発生する装置を提供ことである。

さらに、本発明の目的は、超音波検出手段をプラズマ処理装置に簡便に設置する手段を提供することにある。

以上の目的を達成するために、請求の範囲第1項の発明は、真空容器内にプラズマを生成するプラズマ処理装置において、プラズマの異常放電が発生した際に発生する超音波を、超音波検出手段を配置し、データ処理手段により超音波波形信号を処理して、異常放電発生を表示するものである。

請求の範囲第3項の発明は、真空容器内にプラズマを生成するプラズマ処理装置において、プラズマの異常放電が発生した際に発生する超音波を、プラズマを形成する真空槽や放電電極の構成部品に複数個の超音波検出手段を配置し、データ処理手段により複数個の超音波検出手段が検出した超音波波形を同一時間軸上で比較し、一番速く超音波を検出した超音波検出手段に対する各超音波検出手段の検出遅れ時間を算出して、プラズマ処理装置における異常放電発生位置を特定するものである。

請求の範囲第5項の発明は、計測した複数の超音波検出手段への超音波伝播時間の差と異常放電源との距離との関係式を反復漸近法により計算して、プラズマ異常放電源が発生する部位を検出には処理室壁面に設置した4個の超音波検出手段で異常放電源の位置が特定できる。

請求の範囲第6項の発明は、検出超音波波形の大きさにより異常放電発生時の超音波の強さを求め、かつ、これらのデータを表示及び記憶する異常放電検出装置及び検出方法で、また、異常放電発生時に過度な超音波が生じた場合、警報手段によって警告を発する機能を具備するものである。

請求の範囲第2項、第4項、第7項、第9項の発明は、超音波検出手段に電氣的絶縁物を介してプラズマ処理装置に取付ける手段を設けたものである。

5 請求の範囲第10項の発明は、超音波検出によりプラズマ処理装置の異常放電を検出する方法である。

請求の範囲第12項の発明は、複数個の超音波検出手段の計測に基づく超音波伝播時間の差によりプラズマ処理装置の異常放電発生位置を特定する方法で、請求の範囲第12項の発明は、反復漸近法により4個の超音波検出手段だけでプラズマ処理装置の異常放電発生位置を特定する方法である。

10

請求の範囲第13項～第19項の発明は、A E (Acoustic Emission) センサーを、下部カバーの所定位置に設置し、異常放電発生により発生した超音波を受け入れる接合面に適度の圧力で圧接して、且つ上部カバーを取り外しできるような、専用ホルドケースを提供する。この装置により、異常放電発生する超音波検出手段であるA Eセンサをプラズマ装置の処理室の適当な数箇所に取り付ける際、特に既設装置に取り付ける場合には、処理室に取り付けの穴加工等による困難な取り付け方法に換えて、A Eセンサーの超音波検出部を接着剤にて処理室と接着し固定させることで、処理室壁と音響的な結合を取ることができる。さらに、

15

20 このような取り付け方法では、メンテ等でA Eセンサーを取り外す必要がある場合には、簡単には外せなく打撃により接着を外すことになる。そのため、打撃による衝撃でA Eセンサーの破損、或いは内部に影響して性能劣化を引き起したり、また、A Eセンサーの取り付けの再現性を改善することができる。

25

図面の簡単な説明

第1図は、プラズマ処理装置及び同装置にプラズマの異常放電を検出する本発明の異常放電検出部を設置する一例を説明する図である。

第2図は、本発明のプラズマ異常放電検出装置の一例を模式的に示す。

5 第3図は、プラズマ放電異常状態を検出する本発明の超音波検出部例の概略構成図である。

第4図は、超音波検出部の検出波形例を示す図である。

第5図は、第1図の異常検出部の配置において下部電極に異常放電が発生した場合の各異常検出部の検出波形例を示す図である。

10 第6図は、4個の異常放電検出部で異常放電位置を検出する際の、異常放電検出装置の配置例を示す図である。

第7図は、4個の異常放電検出部で異常放電位置を検出するプラズマ異常放電検出装置を模式的に示す図である。

15 第8図は、第6図のように配置された超音波検出部が検出した検出波形を例示的に示す図である。

第9図は、4個の異常放電源の位置を計算する際の処理室壁位置を表す二次元平面座標系を説明する図である。

第10図は、異常放電源から超音波検出部までの超音波伝播経路例を説明する図である。

20 第11図は、本発明の異常放電位置を計算する際に使用するニュートン法による反復漸近法を説明する図である。

第12図は、4個の異常放電検出装置の計測波形を基に、異常放電位置を反復漸近による近似計算処理により求める全体フロー図である。

25 第13図、第14図は、第12図の全体フローの一部を一具体例で説明する図である。

第15図は、異常放電源が処理室上壁にあると仮定し、異常放電源の

位置の初期位置 P 0 から超音波検出部への超音波伝播経路を示す図である。

第 16 図は、計算された漸近位置が処理室上壁範囲外にある際の、側壁位置への対応を説明する図である。

5 第 17 図は、異常発生源から超音波検出部への超音波伝播経路が 2 経路考えられる場合の例を示す図である。

第 18 図は、下部電極に異常放電が発生したとき各超音波検出部がみる異常放電距離を説明する図である。

10 第 19 図 (a) は、A E センサーの断面を、(b) は本発明の A E センサーを収納する A E センサー・ホールド・ケースの断面を示す。

第 20 図は、A E センサを本発明の A E センサー・ホールド・ケース内に収納する方法を説明する図である。

第 21 図は、A E センサを本発明の A E センサー・ホールド・ケース内に収納した図である。

15 第 22 図は、本発明の A E センサー・ホールド・ケースの他の例の断面を示す。

発明を実施するための最良の形態

20 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。第 1 図は本発明の異常放電検出装置の超音波検出手段をプラズマ処理装置に配置した例を示し、第 1 図 (a) はその断面の、(b) は上から見た概念図を示している。第 2 図は本発明の異常放電検出装置の原理図を示している。

25 第 1 図 (a) 中、1 は処理室、2 は処理室 1 内の設置されプラズマ処理されるウェハ、3 はウェハ 2 を載置する下部電極、4 は下部電極 3 と対向して設けられている上部電極、5 はブロッキングコンデンサ、6 は下部電極 3 にブロッキングコンデンサー 5 を介して接続されている R F

電源（高周波電源）、7は接地配線を表し、これらはプラズマ処理装置を構成している。G 1は処理ガスの吸入、G 2はガス排気を表している。

第1図（a）及び（b）中、8～15は本発明のプラズマ異常放電検出装置における複数の超音波検出部を表している。第1図は、超音波検出部8は下部電極3に、超音波検出部9は上部電極4に、超音波検出部10～15は処理室1の大気側における側壁上下端の円周上に60°ずつ交互に6個所設置されている例である。第2図中の16はA/D変換部、17はコンピュータ部、18は異常放電発生部位及びアラームを表示する異常放電発生部位及びアラーム表示部を表している。なお、本明細書で同じ参照符号を付したものは同じもの又は相当するものを表している。

第2図に示すごとく、超音波検出部8～15は超音波を検出し、A/D変換部16は超音波検出部8～15からの検出信号をそれぞれでデジタル信号に変換し、コンピュータ部17に送信する。コンピュータ部17は検出信号を演算処理し、データの蓄積、異常放電の発生及びその部位を判定し、プラズマ処理装置等に対する警告処理を行う。異常放電発生部位及びアラームを表示するアラーム表示部18は異常放電判定後異常放電発生部位とアラームをモニタに表示する。

第3図は、本発明の超音波検出部8～15を示している。第3図中、19は超音波検出部との音響的接触を良くする接触媒質であるカップラント（Couplant）を塗布した絶縁物（セラミックス）、20は超音波変換素子、21は増幅器、22は電池を表し、超音波検出部はこれらを具備している。カップラントを塗布した絶縁物の絶縁物側でFIG. 1に示す処理室1等の構造物に機械的に連結することにより、電氣的に絶縁し、かつ電氣的なノイズの侵入を防止した状態で、超音波振動を超音波検出部に導入することができる。

第4図は、本発明者らがプラズマ処理装置において異常放電を観測した際における光センサの検出波形L及び超音波検出部の検出波形例Sを示している。光センサが検出したプラズマ発光変化で示される異常発光はプラズマの異常放電が発生したことを示している。このプラズマ発光の変化期間L0に同期して、超音波検出部の検出出力S0は変化している。このことはプラズマの異常放電により超音波が発生したことを示している。異常放電発生時には、特に周波数25kHz付近の超音波が発生することが確認された。更に、異常放電発生部位によって、プラズマ発光変化開始から超音波発生までの遅延時間が変化していること、また、プラズマ異常放電発生時の超音波の周波数、最大振幅幅（波高値）は異常放電時のプラズマ発光の大きさによって変化していることを確認した。

つまり、プラズマ異常放電発生時に超音波が発生することは、プラズマが異常放電を起こした際、異常放電のエネルギーにより荷電粒子（電子等）がプラズマ処理装置を構成する部品、例えば、上部電極4等に激しく衝突する、又は、プラズマ処理装置を構成する部品の表層破壊の際に、その衝撃により超音波は発生すると考えられる。つまり、プラズマの異常放電発生時には、その位置においてAE（Acoustic Emission、超音波発生）事象が発生していることになる。従って、AE事象のエネルギー μ が、異常放電発生部位の表面破壊具合を表すことになり、エネルギー μ を求めることが重要となる。

その時の検出される超音波の最大振幅幅（波高値幅） V_{pp} は、AE事象のエネルギー μ と関係しており、次の式（1）のように近似的に表せる。

$$V_{pp}^2 = C1 \cdot C2 \cdot \mu \quad \dots \dots (1)$$

ここで、C1は超音波検出部の検出感度に依存する定数、C2は超音

波発生源から超音波検出部までの距離や伝播損失等に関係する定数である。この関係より、プラズマの異常放電発生により、ダスト発生、被処理基体表面の損傷、基体の汚染、基体の電気素子に絶縁破壊等の影響を与えらると思われる超音波の最大振幅（波高値） V_{pp} を設定し、それをし
5 きい値とすることにより、異常放電判定後、異常放電発生部位とアラームを表示し、外部に警告を発することができる。

また、処理室1の構造材質により決まる超音波の速度 V 、異常放電発生位置から超音波検出部までの距離を D とすると、超音波検出部に超音波が到達するまでの伝播時間 T は次の式（2）で表せる。

10
$$T = \frac{D}{V} \quad \dots \dots (2)$$

従って、超音波検出部をプラズマ処理装置に複数個設置すると、異常放電位置から複数個の超音波検出部への伝播時間 T が異なることから、各伝搬時間の差から異常放電発生部位を特定することができる。

そこで、第2図で示すような超音波検出部8～15で検出したアナログ信号をA/D変換部16によりデジタル信号に変換した後、コンピュータ部17でデータ解析を行う。その際、超音波の周波数と波高値はA
15 E事象のエネルギーとその材質に依存しているため、本実施例では、超音波検出部8～15の検出波形の振幅幅が設定値以上に上昇したときに、超音波検出部8～15の検出波形を同一時間軸上で比較し、基準超音波
20 検出部への超音波伝播時間に対するそれぞれの超音波検出部への伝播の遅延時間を算出し、超音波検出部8～15の検出波形の中から最大振幅幅を求める。

次に、プラズマ異常放電がプラズマ処理装置のどの部位、つまり、上部電極か、もしくは下部電極か、又は壁のどの位置かを特定する方法を
25 説明する。まず、超音波検出部10～15の検出波形を比較し、このう

ち超音波を最も速く検出する超音波検出部を基準超音波検出部とし、各超音波検出部 10～15 のそれぞれの基準超音波検出部に対する波形検出の遅延時間 $T_{10} \sim T_{15}$ を算出する。

例えば、下部電極 3（第 1 図の位置 P 1）で異常放電が発生すると、各超音波検出部の検出波形は第 5 図のようになる。超音波検出部 10, 12, 14 が下部電極の支柱 3 a から等距離の位置に取り付けられているとすると、超音波検出部 10 の検出時間は下部電極の支柱距離分だけ遅れるので、基準超音波検出部は超音波検出部 12 または超音波検出部 14 で、その遅延時間 T_{12} 又は T_{14} はゼロである。

10 処理室の側壁を 2 次元平面として考え、放電発生源の位置座標を (x, y) 、超音波検出部 10～15 の取付け座標をそれぞれ $(X_{10}, Y_{10}) \sim (X_{15}, Y_{15})$ とし、異常放電発生源から基準超音波検出部までの到達時間を t 、及び、超音波の速度を V とすると、次の式 (3. 1) ～ (3. 6) の連立方程式が成立する。

$$15 \quad V^2(t + T_{10})^2 = (x - X_{10})^2 + (y - Y_{10})^2 \quad (3. 1)$$

$$V^2(t + T_{11})^2 = (x - X_{11})^2 + (y - Y_{11})^2 \quad (3. 2)$$

$$V^2(t + T_{12})^2 = (x - X_{12})^2 + (y - Y_{12})^2 \quad (3. 3)$$

$$V^2(t + T_{13})^2 = (x - X_{13})^2 + (y - Y_{13})^2 \quad (3. 4)$$

$$V^2(t + T_{14})^2 = (x - X_{14})^2 + (y - Y_{14})^2 \quad (3. 5)$$

$$20 \quad V^2(t + T_{15})^2 = (x - X_{15})^2 + (y - Y_{15})^2 \quad (3. 6)$$

これら 6 個の方程式の解として側壁内の座標 (x, y) が得られるときは、側壁に放電発生源があり、それ以外の座標値が得られるときは、

側壁以外の位置に異常放電発生源があることになる。6個の方程式を解いて、異常放電発生源が側壁以外の位置にあると判断されたときには、基準超音波検出部が取り付けられている位置及び、下部電極3に取り付けられた超音波検出部8と上部電極4に取り付けられた超音波検出部9の検出遅延時間により、放電発生源はプラズマ処理装置の上、下側のいずれかにあると判断される。

基準超音波検出部が側壁下端に取り付けた超音波検出部10, 12, 14のいずれかで、超音波検出部8が超音波検出部9よりも検出が速いときには、放電発生源がプラズマ処理装置の下側にあると判断される(第5図参照)。このとき、処理室1の下面を2次元平面と考え、側壁下端の円周上に取り付けた超音波検出部10, 12, 14における3個の方程式(3.1), (3.3), (3.5)の解を求め、処理室下面内にある下部電極3の支柱3a以外の座標が解として得られるときは異常放電発生源は処理室内側下面上の位置に、解がそれ以外の座標の場合は下部電極3と判断される。

基準超音波検出部が側壁上端に取り付けた超音波検出部11, 13, 15のいずれかで、超音波検出部9が超音波検出部8よりも伝播が速いときには、放電発生源がプラズマ処理装置の上側にあると判断できる。このとき、処理室1の上面を2次元平面と考え、側壁上端の円周上に取り付けた超音波検出部11, 13, 15における3個の方程式(3.2), (3.4), (3.6)の解を求め、処理室上面の上部電極4の支柱4a以外の座標が解として得られるときは異常放電発生源は処理室内側上面上の位置と、解がそれ以外の座標の場合は上部電極4と判断される。

さらに、超音波検出部の設置個数を増やすことで、位置特定の精度を上げることができる。また、上部電極、下部電極に、複数の超音波検出部を取り付ければ、上部電極、下部電極での異常放電発生の位置を特定

できる。

コンピュータ部 17 による超音波の遅延時間は、例えば各検出波形の異常放電に対応する期間内の特徴点（波高値等）における時点での遅延時間を平均することにより算出することができる。

5 異常放電発生位置と各超音波検出部の検出波形における検出遅延時間のパターンとを対応させた対応テーブルをメモリに記憶させておき、超音波検出波形をコンピュータ部 17 でデータ解析して、遅延時間のパターンを求め、対応テーブルにより異常放電発生の位置を特定することができる。

10 異常放電発生の位置が特定されると、超音波の伝搬距離とそれぞれの部位における超音波波形の伝搬損失が分かっているので、(1)式の定数 C_2 が演算されるので、AE 事象のエネルギー μ が計算できる。このようにして求めた発生部位（位置）と最大振幅幅から異常放電発生時の AE の大きさをモニタ画面に表示する。最大振幅を、前もって発生部位ごとに設定されたしきい値と比較することで、そのレベルを超える場合に、警告を発する、もしくは、装置を停止させることができる。

15 上記の第 1 図の実施例では、処理室外壁の上壁、下壁それぞれ 1 個、上部・下部の周辺を夫々円柱三等分し、互いに対向しないように 60° 位置をずらした位置に 3 個ずつ配置し、合計 6 個の超音波検出部用いて
20 異常放電の検出と位置特定を行っていた。

しかしながら、超音波検出部を処理室の上壁、下壁、側壁の上下端に取り付ける必要があるため、実際の装置への検出部設置の場所を見つけるのに問題があることに加え、超音波検出部が 6 個以上必要なため（第 1 図の実施例では 8 個使用）に検出装置のコスト向上を招いていた。

25 本発明者らは第 1 図の方法とは異なる、他の計算方法により、4 個の超音波検出部で異常放電源の位置を特定する方法を考案した。第 6 図～

第18図を参照して、4個の超音波検出部による異常放電源の特定方法を説明する。第6図(a)は本発明における他の計算方法に基づく異常放電検出装置の超音波検出部をプラズマ処理装置に配置した例を、同(b)は処理室1の中央断面における超音波検出部の配置を概念的に示す。第7図は4個の超音波検出部を使用した異常放電検出装置を示す。

以下、第1図～第5図の実施例で使用した参照符号と同じ参照符号を使用したものは同じものを表しているため、これらの説明は省略する。

第8図は、第6図に配置された超音波検出部8～11が超音波検出部8～11の検出波形の振幅幅が設定値以上に上昇したときに、超音波検出部8～10の検出波形を同一時間軸上で比較した出力波形例を示している。図中、S8～S11はそれぞれ超音波検出部8～11の出力波形、T0は超音波検出部のいずれかが超音波を最初に検出する時点、T8～T11は超音波検出部8～11が時点T0から超音波を検出する時点までの遅延時間を表している。

第8図の超音波検出例は、異常放電源から例えば、下部電極3(図1の位置P1)で異常放電が発生した場合の検出波形例である。図6のように超音波検出部8が処理室1の大気側における側壁の下側、超音波検出部9、10がそれぞれ処理室1の大気側における側壁の上側に取り付けられている。超音波を最も速く検出する超音波検出部(以下、基準超音波検出部)は超音波検出部8で、その遅延時間T8はゼロである。

次に、4個の超音波検出手段により、異常放電源の位置を特定する方法について説明する。まず、異常放電源の位置を特定するために使用する2次元の座標系を定義する。第9図(a)において、半径 r 、高さ $2h$ の円筒形は処理室1を表す。2次元平面は、処理室側壁の中央の点を原点Oとし、原点Oを通る半径方向をX軸、原点Oを通る円筒軸方向をY軸として、処理室の側壁を展開してX軸に貼り付け、更に上壁20、

下壁 22 を Y 軸に接する 1 点を中心に展開して Y 軸に貼り付けた 2 次元平面で定義される。図 (b) は、このようにして処理室壁を 2 次元平面で定義した平面座標を示している。第 6 図の超音波検出部 8 ～ 11 が設置された個所は、平面座標では位置 A1 ～ A4 に相当する例である。

- 5 第 6 図の超音波検出部の設置例は、設置位置による検出精度にバラツキをなくするために、できるだけ処理室壁面を 4 等分するように配置した例であって、本発明はこの設置例に限られない。

10 異常放電源から超音波検出部 8 ～ 11 までの最短距離をそれぞれ D_8 ～ D_{11} 、超音波の音速を V 、基準超音波検出部を超音波検出部 8 とすると、超音波検出部で計測した遅延時間から計算した距離は、異常放電源から基準超音波検出部までの距離と、異常放電源からそれぞれの超音波検出部までの距離との差に一致するので、次の方程式 (4. 1) ～ (4. 3) が成立する。

$$V \times T_9 - (D_9 - D_8) = 0 \quad (4. 1)$$

15 $V \times T_{10} - (D_{10} - D_8) = 0 \quad (4. 2)$

$$V \times T_{11} - (D_{11} - D_8) = 0 \quad (4. 3)$$

20 ここで、異常放電発生源から超音波検出部 8 ～ 11 までの経路が同一平面上のみのときには、 D_8 ～ D_{11} は異常放電発生源の 2 次元平面上の座標 (x, y) を変数 (未知量) として表せるので、方程式 (4. 1) ～ (4. 3) は x, y を変数とする 2 変数の方程式となる。よって、2 つの方程式 (4. 1), (4. 2) から異常放電発生源の座標 (x, y) が求まる。

25 ところが、異常放電源から超音波検出部 8 ～ 11 までの超音波伝播経路が同一平面上にない場合がある。第 10 図は異常放電発生源 P から超音波検出部の設置箇所までに超音波が伝播する代表的経路例を示してい

る。(a)は処理室側壁同一平面内の伝播経路を、(b)は処理室上壁から側室への伝播経路、(c)は処理室側壁から上壁を介して側壁への伝播経路を、(d)は処理室上壁から側壁を介して下壁への伝播経路を示している。

5 例えば、経路(b)の場合、異常放電発生源が処理室1の上壁の位置Pにあって、超音波検出部が処理室1の側壁の位置Aに設置されている場合、第10図のように異常放電発生源から超音波検出部までの超音波が伝播する最短距離Dは、円形上壁の中心としてY軸と、経路と上壁との交点との間の角度 θ (ラジアン)ずれた位置となるため、角度 θ を考慮して方程式(4.1)～(4.3)は表される。角度 θ は異常放電発生源と超音波検出部の位置によって決まるので、異常放電発生源の座標(x, y)を変数として表す場合、三角関数の角度 θ も変数となるため、方程式を解くのは容易でないし、又、超音波検出部の位置が変わるとその都度方程式も立て直す必要があるため、汎用性が悪くなってしまう。

15 そこで、ニュートン法等による非線形方程式の近似解を求める数値解法を求める数値解法には、ニュートン法の他に二分法や線形逆補間法などがあるが、本発明の実施例では、短い演算時間で高精度の近似解が得られるニュートン法を用いて近似解を求める。

20 第11図を参照して、ニュートン法による最適解を計算する方法を説明する。方程式 $f(x) = 0$ を計算するための初期値を $x = x_0$ とし、 x_0 における $y = f(x)$ の接線とX軸との交点である漸近点 x_1 を次の(5)式から求める。

$$\Delta x_0 = x_0 - x_1 = \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \dots \dots \dots (5)$$

25 更に、その交点における $y = f(x)$ の接線と、X軸との交点である次の漸近点 x_2 を求める。これを繰り返して、 $\Delta x_{n-1} = x_{n-1} - x_n$ 絶

対値が限りなく零のとき反復漸近点 $x_0 - \sum \Delta x_n$ を方程式 $f(x) = 0$ の解の点として求める。

同様に、 $f_1(x, y) = 0$, $f_2(x, y) = 0$ の解は、
2次元ニュートン法により、

$$\frac{\partial f_1}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f_1}{\partial y} \Delta y = f_1 \quad (6.1)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f_2}{\partial y} \Delta y = f_2 \quad (6.2)$$

x, y の初期値 x_0, y_0 から、 $\Delta x, \Delta y$ の値が限りなく零に近づくまで、繰り返して、 $x_0 - \sum \Delta x_n, y_0 - \sum \Delta y_n$ の反復漸近点により求めることができる。

- 10 先ず、式 (4.1) ~ (4.3) 中の最短距離 $D_8 \sim D_{11}$ をニュートン法で求める方法を説明する。第9図 (b) の2次元平面で、異常放電発生源の座標 (x, y) の初期値として処理室の平面展開上のある任意の座標 (x_0, y_0) を仮定すると、座標 (x_0, y_0) からそれぞれの超音波検出部 8 ~ 10 までの最短距離は、座標 (x_0, y_0) から超音波検出部までの伝播距離 L を、伝播経路の角度 θ で微分して値がゼロとなる角度のときの距離として求まる。このとき、距離 L を角度 θ で微分した関数を $g(\theta)$ (次の式 (7))、角度 θ の移動量を $\Delta \theta$ とすると、1次元のニュートン法より、次の式 (8) が成り立つ。

$$g(\theta) = \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial g}{\partial \theta} \Delta \theta = g \quad (8)$$

この式で、 θ の初期値を任意の値 θ_0 として g を求め、そのときの $g(\theta)$ を g_0 とする。そして、 $\partial g(\theta) / \partial \theta$ を、 g_0 及び、 $\partial \theta_0$ に

限りなく小さい値 $\Delta\theta_0$ を加算したときの $g(\theta)$ の値 g_1 から、 $\Delta\theta_0$ の変化に対する変化量 $\partial g = g_1 - g_0$ として近似的に求める。このようにして求めた $g(\theta)$ と $\partial g / \partial \theta$ の値を式(8)に代入すると $\Delta\theta$ が求まり、この $\Delta\theta$ が求めたい誤差範囲以下になるまで、 θ を初期値 θ_0 から $-\Delta\theta$ ずつ移動させながら式(8)を繰り返し解いていくと、近似的に最短距離での角度 θ が求まり、その角度での距離 L を計算すると最短距離 D が求まる。

以上の最短距離の計算方法は異常放電発生源から超音波検出部の設置個所への距離が角度変数1個を含む場合であるが、第10図(c)、(d)の経路のように角度 θ_1 、 θ_2 と2変数を含む場合もある。この場合は、次の式(9.1)、(9.2)の近似解を2次元のニュートン法により求め、最短距離 D を求めることができる。

$$g_1(\theta_1, \theta_2) = \frac{\partial L}{\partial \theta_1} = 0 \quad (9.1)$$

$$g_2(\theta_1, \theta_2) = \frac{\partial L}{\partial \theta_2} = 0 \quad (9.2)$$

以上のようにして求めた最短距離 $D_1 \sim D_4$ と計測された遅延時間 $T_8 (= 0)$ 、 $T_9 \sim T_{11}$ とを方程式(4.1)、(4.2)に代入し、方程式(4.1)、(4.2)により異常放電発生源の位置を特定する方法を以下に説明する。

異常放電源の位置座標 (x, y) を変数とする方程式(4.1)、(4.2)の左辺をそれぞれ f_1 、 f_2 とし、変数が異常放電源の位置座標であるとき、 $f_1 = 0$ 、 $f_2 = 0$ となる。式(6.1)、(6.2)を使用した2次元ニュートン法により $f_1 = 0$ 、 $f_2 = 0$ の近似解を求めることで、異常放電源の位置座標 (x, y) を求めることができる。即ち、式(6.1)、(6.2)の $\partial f_1 / \partial x$ 、 $\partial f_2 / \partial x$ 、 $\partial f_1 / \partial y$ 、 $\partial f_2 / \partial y$ を、最

短距離算出のときの $\partial g / \partial \theta$ と同じように初期値 x_0, y_0 における x 又は y の微小な変化 $\Delta x_0, \Delta y_0$ に対する変化量として近似的に求め、これらの値を式 (6. 1), (6. 2) に代入し、方程式を解くと、 $\Delta x, \Delta y$ の値が求まる。この Δx と Δy が求めたい誤差範囲以下になるまで、
5 x と y を初期値 x_0, y_0 から $-\Delta x, -\Delta y$ ずつ移動させながら式 (6. 1), (6. 2) の演算を繰り返していくと、近似的に異常放電源の座標 (x, y) が求まる。

但し、 x, y の初期値によっては、異なる異常放電発生源の座標が得られる可能性があるので、初期値を変更しながら式 (6. 1), (6. 2) の演算を行う必要がある。例えば、超音波検出部がプラズマ処理装置の側面中間の高さに 60° 位置をずらして3個ずつ配置してある場合には、
10 プラズマ処理装置の上面中央と下面中央を初期値として演算すれば、プラズマ処理装置の全ての部位での異常放電発生源は特定できる。

これまでの処理により、異常放電源が1つのみ得られれば処理は終了となるが、異常放電源が複数得られた場合には、さらに、得られた2つの座標について方程式 (4. 3) の左辺を計算し、結果が零に近い座標を正しい異常放電源と判別する。以上のように、この計算方法を位置特定に使用すれば、超音波波形を検出する超音波検出器は4個により異常放電源の座標位置を特定できる。
15

これらの計算方法を使用した異常放電源の位置特定の一例を第12図～第17図について説明する。第12図は本発明の反復漸近して近似解を求める計算方法を使用することにより4個の超音波検出部の検出波形で異常放電源の位置を特定する方法を概略的に示した全体フロー図を示している。
20

異常放電が発生すると、ブロック B 1 において、処理室壁の適当な箇所に設置された超音波検出器は第8図のような超音波波形を計測する。
25

ブロック B 2 において、最も速く超音波を検出する超音波検出器を基準超音波検出器とし、基準超音波検出器の超音波伝播時間からの各超音波検出器の遅延時間 $T_9 \sim T_{11}$ を計算する。

5 異常放電発生源の位置を、初期値から反復漸近して近似解を求める場合、近似解を求める方程式によっては得られた漸近解が正しい近似解の位置に漸近しない可能性もあるので、得られた漸近解が少なくとも正しい近似解の位置を含む領域毎に初期値を設定し、初期値からそれぞれの反復漸近解（候補位置）を計算するようにすれば、これらの中には必ず正しい近似解は存在する。第 12 図のブロック B 3, B 4 の所定領域は
10 このための初期値を設定する領域を意味している。ブロック B 3, B 4 において、所定領域毎に設定された初期値を変更しながら、その領域において反復漸近して計算された近似解を、異常放電源の候補位置として求める。

15 ブロック B 5 の処理において、複数の候補位置から正しい異常放電源の位置を求める。正しい異常放電源の位置では式 (4. 3) が満たされる。従って、各候補位置の内式 (4. 3) に最も近いものが正しい異常放電源の位置と言える。

20 第 13 図、第 14 図のフロー図は、所定領域として、処理室上壁（ブロック B 3 a）及び処理室下壁（ブロック B 3 b）として漸近位置の初期値を設定し、該所定領域範囲内に異常放電源がないと判断された際には、2 次元平面座標系の座標位置から対応する他の所定領域の座標位置を漸近位置として、ニュートン法により計算を反復続けるようにした一具体例におけるフロー図を示している。

25 ステップ S 1 では、第 8 図の異常放電源発生を検出した場合、異常放電源発生位置を上壁上と仮定した場合（ブロック B 3 a）、ニュートン法による計算の初期値を、例えば第 15 図の位置 P 0 に設定する。このと

き、P 0 と超音波検出部 8 ～ 1 0 の設置位置 A 1, A 2, A 3 との距離は図 1 5 の L 8, L 9, L 1 0 となり、距離 L 9, L 1 0 は角度 θ_2 , θ_3 を含んでいる。従って。距離 L 9, L 1 0 から最短距離 D 9, D 1 0 を求めなければならない。ステップ S 2 では、次の方法で最短距離 D 9, D 1 0 を求める。

距離 L 9, 方程式 g 1 は次の式 (1 0), (1 1) によって表される。

$$L9 = \sqrt{(x_0 - r \sin \theta_2)^2 + (y_0 - h - r + r \cos \theta_2)^2} + \sqrt{(r \theta_2 - x_2)^2 + (h - y_2)^2} \quad (10)$$

$$g_1 = \frac{\partial L_9}{\partial \theta_2} \quad (11)$$

角度 θ_2 の初期値を θ_{20} としてそのときの g 1 の値 g_{10} を求める。次に、 θ_2 を初期値から $\Delta \theta_{20}$ 微小移動した角度 $\theta_{20} + \Delta \theta_{20}$ における g 1 の値 g_{11} を求める。これから次の値が求まる。

$$g(\theta) = g_1 = g_{10} \\ \partial g(\theta) / \partial \theta = \partial g_1 / \partial \theta_2 = (g_{11} - g_{10}) / \Delta \theta_{20}$$

これらの値を式 (8) に代入すると、そのときの $\Delta \theta$ の値 $\Delta \theta_2$ が求まる。 $\Delta \theta_2$ が所定精度内の値でないとき、初期値から角度 $\Delta \theta_2$ 移動させて、式 (8) により新たな $\Delta \theta_2$ を求める。これを $\Delta \theta_2$ が所定精度範囲内の値になるまで繰り返し、所定精度範囲内の値になったときの反復漸近の角度 $\theta_{20} - \Sigma \Delta \theta_2$ が最短距離を実現する角度である。距離関数 $L(\theta)$ には複数の極小点がある可能性があるので、初期値を複数個変更して反復漸近の角度 θ をそれぞれ計算し、そのときの漸近距離の値を求め、その値が最小な漸近距離を最短距離として求めることができ

る。

同様に、ニュートン法で距離 L_{10} を最短にする角度 θ_3 が求まる。
この値を L_9 , L_{10} に代入し、最短距離 D_9 , D_{10} を計算する (ステップ S_2)。なお、最短距離 D_8 は P_0 と A_1 の座標の直線距離 L_8 として求まる。

次のステップ S_3 では、初期位置を X 方向 Δx_0 微小移動した位置について、ステップ S_2 と同じく最短距離 D_{8x} , D_{9x} , D_{10x} を計算する。更に、ステップ S_4 で初期位置を Y 方向 Δy_0 微小移動した位置について、ステップ S_2 と同じく最短距離 D_{8y} , D_{9y} , D_{10y} を計算する。

続く、ステップ S_5 において、ステップ $S_2 \sim S_4$ で求められた最短距離及び f_1 , f_2 の値から、漸近位置の変動量 Δx , Δy を次のように求める。

方程式 (4. 1), (4. 2) の初期位置 x_0 , y_0 における f_1 , f_2 , $\partial f_1 / \partial x$, $\partial f_1 / \partial y$, $\partial f_2 / \partial x$, $\partial f_2 / \partial y$ の値は次式から求まる。

$$f_1 = D_9 - D_8 - T_9 \times V$$

$$f_2 = D_{10} - D_8 - T_{10} \times V$$

$$\partial f_1 / \partial x = (D_{9x} - D_{8x} - (D_9 - D_8)) / \Delta x_0$$

$$\partial f_1 / \partial y = (D_{9y} - D_{8y} - (D_9 - D_8)) / \Delta y_0$$

$$\partial f_2 / \partial x = (D_{10x} - D_{8x} - (D_{10} - D_8)) / \Delta x_0$$

$$\partial f_2 / \partial y = (D_{10y} - D_{8y} - (D_{10} - D_8)) / \Delta y_0$$

これらの値を方程式 (4. 1), (4. 2) に代入し、 Δx , Δy を求める。

初期位置より解に近づいた漸近位置として $x_0 - \Delta x$, $y_0 - \Delta y$ が求まる。ステップ S_6 で、この位置が処理室上壁上の範囲内かどうか確認

する。範囲内ならば、ステップ S 7 に進み、異常放電位置への漸近が十分行われたか否かを Δx , Δy の変動量で判定する。 Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値でないとステップ S 7 で判断されると、ステップ S 8 で初期位置を $-\Delta x$, $-\Delta y$ だけ移動した位置を次の漸近位置として設定し、次の Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値になるまで反復繰り返す。ステップ S 7 で、 Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値と判断されると、ステップ S 9 に進み、ステップ S 9 において $x = x_0 - \sum \Delta x$, $y = y_0 - \sum \Delta y$ はその領域での漸近近似解として、他に漸近する近似解も存在する可能性があるので、候補位置として記憶される。

ステップ S 6 で漸近位置が上壁上範囲外の位置 P 1 と判断されると、第 14 図のステップ S 10 において、側壁の対応する位置 P 2 が漸近位置とされる。この位置 P 2 は第 16 図のように、処理室上壁からはみ出した経路 1 を側壁に沿って垂直に降ろした点とする。側壁の位置 P 2 を基に、より漸近した位置を同様に反復繰り返して求める（ステップ S 12 ~ S 14）。この際、第 17 図のように超音波が同一平面上を伝播する経路（経路 a）又は上壁上を介して伝播する経路（経路 c）の 2 経路が存在する可能性があるので、どちらが最短距離か計算する必要がある。

ステップ S 14 において得られた Δx , Δy が側壁上の範囲外の座標であるとステップ S 15 で判断されると、ステップ S 17 においてステップ S 10 とは逆の方法で対応する座標が 2 次元平面座標系のどの範囲に属するか計算する。対応する座標が下壁上の範囲内の座標であるならば、ステップ S 20 において、この座標を異常放電源が下壁上に存在すると仮定する漸近位置として設定し、ブロック B 3 b に進み、近似解を反復漸近して求める。対応する座標が下壁上の座標でないならば、ステップ S 21 に進み、この座標を異常放電源が上壁上に存在すると仮定す

る漸近位置として設定し、異常放電源が上壁上に存在すると仮定するブロック B 3 a 内のステップ S 2 に進み、近似解を反復漸近して求める。

次に、ブロック B 3 b で、処理室下壁上に異常放電源位置を仮定して、初期値を設定し、ブロック B 3 a と同様に漸近位置を反復計算して異常放電源の候補位置が求められる。各初期値からの候補位置が全て求まると、ブロック B 4 で、候補位置の中から異常放電源の正しい位置が求まる。

第 13 図、第 14 図の具体例では、ステップ S 10、ステップ S 20、S 21 において、計算された漸近位置が、異常放電源が存在すると仮定した領域外にあると判断された場合には、この位置に対応する位置を他の領域に求め、他の領域に異常放電源が存在すると仮定して、この対応する位置を他の領域のいわば初期位置として計算に使用する計算ループを設けている。これにより、設定された初期位置以外に、異常放電源により近い可能性のある座標位置を初期位置として使用でき、反復繰り返し計算による近似解を求める演算速度を速くすることができる。更に、ブロック B 3 a、B 3 b における、初期値設定（例えば、ステップ S 1）は、複数設定し、順次変更して、それぞれ候補位置を求めるようにすることもできる。

最後に、異常放電源の発生位置が電極又は電極支柱に発生した場合を説明する。第 18 図は下部電極上の位置 P に異常放電源が発生した場合の超音波伝播経路を示している。図中、22 は処理室下壁、23 は下部電極、24 は下部電極支柱を表している。超音波検出部 8、9、10 への超音波伝播経路を、それぞれ、e、f、g で示す。式 (4.1) ~ (4.3) はいずれも伝播距離差で異常放電源を計算するものである。したがって、超音波検出部 8、9、10 側からみる超音波発生源への距離は、それぞれ点 E、F、G までの距離である。点 E、F、G は、電極支柱 2

4の径以下の電極支柱付近 NO 範囲内に存在する。ニュートン法による漸近近似解は曲線勾配と $y = 0$ との交点で求められるので、電極上、電極支柱上の異常放電源の漸近位置は処理室上壁上又は下壁上における電極支柱の範囲内の位置として求められる。二次元平面座標系では、電極支柱の範囲内に異常放電源の位置が特定されたときは、異常放電源は電極上又は電極支柱面上に発生したと検出されるが、その位置の特定はできない。

次に、第19図(a)～第22図を参照して、本発明の超音波検出手段を処理室壁上に取付ける装置を説明する。第19図(a)はAEセンサーの断面を示す。AEセンサーは超音波検出手段の一種で、市販の製品を使用することもできる。図中、30は超音波応力を検出するAEセンサーで、AEセンサー本体31、検出した超音波応力を電気信号に変換して出力する出力コネクタ32、絶縁膜33を含む構成となっている。

第19図(b)はAEセンサー30を収納、固定するAEセンサー・ホールド・ケース34の断面を示す。AEセンサー・ホールド・ケース34は下部ケース34と上部ケース35とを有する。下部ケース35は凹面皿状の形状で、外側片面は処理室の外壁に接着され、AEセンサーを受容する皿形状の底面は平坦に研磨された面である。上部カバー36は、下部カバー内側に受容されたAEセンサーを上から囲み込む筒形状をなしている。

図中、37は上部カバー36を下部カバー35に連結結合する連結ネジ、37は軟質パッキン等の音響隔離材、39はグリース等のカップラント、40はAEセンサー30を下部カバー35の所定の位置に保持する保持部材(ブッシング)、41は弾性材料、例えばOリング、バネ等の緩衝部材、42はアルマイト等を被覆した絶縁膜コートである。36Hは出力コネクタをAEセンサー・ホールド・ケース外に引き出すための

開口を表している。43はAEセンサー30と上部ケース36とを同電位にするための導電性接触子を表している。

第20図、第21図により本発明のAEセンサーの設置方法を説明する。第20図はAEセンサー30を設置する過程を、第21図は設置完了を示す。図中、44は固定用接着剤（エポキシ系）で、35Hはネジ孔、50は処理室の外壁を表している。以下、同じ参照符号を付したものは同じ部材なので説明を省略する。

5 10 15 20 25
先ず、AEセンサー・ホルド・ケース33の下部カバー35を固定用接着材44で処理室13の外壁部分50の適切な箇所に接着固定する。下部カバー35の下面は処理室壁の表面に対応して接着しやすいように面を構成し、AEセンサー・ホルド・ケース33は絶縁コート42により絶縁される。AEセンサ30の絶縁膜33等を保持部材40内に挿入し、上部カバー36の開口36Hに出力コネクタ32を挿入し、下部カバー35に設けられたネジ孔35Hに連結ネジ37を挿入し、上部カバー36を下部カバー35に連結固定する。

保持部材40はゴム製ブッシング（例えばOリング）で、AEセンサーを下部カバーの所定の位置に保持し、且つAEセンサー30を取り付ける際に、AEセンサ30と上部カバー36とを接触させないようにする。弾性部材41は、AEセンサー30を上部カバー36に直接接触することを避けて、連結ネジ37を介して上部ケース36に伝播した超音波応力をAEセンサー30に伝搬するのを防止し、且つケース連結時に上部カバーのAEセンサーを下部カバーのカップラント39に適度の圧力で接触させて、伝播した超音波応力を効率よくAEセンサーに受け入れるようにする。絶縁コート42はプラズマ装置処理室壁面の外壁に接合する際に、電氣的絶縁をとるためのものである。導電性接触子43は金属製連結性バネで、上部、下部カバーを連結固定した際上部、下部カ

バーとを確実に接触させて同電位する。これにより、A Eセンサー 30 のノイズ検出は抑制される。音響隔離剤材 37 は、処理室壁を伝搬した超音波が上部カバー 36 への伝搬を及びA Eセンサー・ホールド・ケース 33 の共振を防止する。

- 5 第22図はA Eセンサー 30 の出力コネクタ 32 をA Eセンサー・ホールド・ケース 33 の側面方向から取り出すようにした他の実施例の断面である。出力コネクタ 32 を第19図 (a) の上部から取り出す代わりに側面から取り出すために、A Eセンサーの側面にコネクタを、上部カバー 36 の側面に開口 36 H を配置した。

10

産業上の利用可能性

- 本発明のプラズマ異常放電検出装置及び方法によれば、プラズマの異常放電を迅速に感度良く検出することができる。また、真空槽や放電電極に複数個の超音波センサーを配置し、夫々の検出した超音波を同一時間軸上で比較し夫々の遅延時間を求めることにより、異常放電発生部位・位置を特定することができる。この結果、プラズマ処理中の異常放電の発生とその時の衝撃 (A E) の大きさ (強さ) を的確に自動的に知ることができ、プラズマ処理装置を自動的に停止することにより不良製品の作り込み防止の効果がある。

- 20 異常放電部位・位置の特定により、早急な装置復旧が可能なことに加え、異常放電の防止対策が的確に実施でき、消耗部品等の管理の効率化は計れる。また、本発明は本質的な改造を施さなくても、RFプラズマのみならずDCスパッター等のDCプラズマにおけるスパーク、アーキング等の異常放電の検出にも適用できる利点がある。

- 25 以上の通り、本発明のプラズマ異常放電位置標定方法によれば、プラズマ処理装置に任意に取り付けた4個の超音波センサーにより検出した

超音波の遅延時間と距離の関係から、異常放電発生部位を特定することができる。この結果、異常放電発生部位特定のためのセンサーの設置位置が自由に設定できるようになり、センサーの設置場所を容易に見つけることができ、各機種に対応ができ、加えて検出装置のコストを押さえることができる。

さらに、本発明のA Eセンサー・ホールド・ケースでは、処理室壁と接着剤等で結合する下部カバーを介してA Eセンサーとを音響的に結合を行う様に専用ケースを用いることにより、下部カバーを介して伝播してくる異常放電による超音波がA Eセンサーで効率よく検出でき、且つメンテナンス時等のA Eセンサーの取り付け・取り外しを容易にし、取り外しの際の打撃によるA Eセンサー破損、及び性能劣化を防止し、且つ、再現性の良い取り付けを行うことができるため、A Eセンサーによる超音波検出の精度を安定させることができる。

請 求 の 範 囲

1. プラズマ処理装置の所定の部位に設置した超音波検出手段と、超音波検出手段が検出した超音波波形信号を処理するデータ処理手段と、
5 異常放電が発生したことを表示するモニタ手段と
を具備したことを特徴とするプラズマ異常放電検出装置。
2. プラズマ処理装置に電氣的に絶縁して取付ける手段を超音波検出手段に設置したことを特徴とする請求の範囲第1項記載のプラズマ異常放電検出装置。
- 10 3. 超音波検出手段を複数個、プラズマ処理装置の所定のの部位にそれぞれ設置し、異常放電発生源から超音波検出手段への各伝播時間をもとに異常放電発生部位を特定することを特徴とする請求の範囲第1項記載のプラズマ異常放電検出装置。
4. プラズマ処理装置に電氣的に絶縁して取付ける手段を超音波検出手段に設置したことを特徴とする請求の範囲第3項記載のプラズマ異常放電検出装置。
15
5. 異常放電発生部位を反復漸近法により特定する方法を使用することにより超音波検出手段を処理室壁面に4個設置することを特徴とする請求の範囲第3項記載のプラズマ異常放電検出装置。
- 20 6. 警報手段を具備し、データ処理手段が検出超音波波形をデータ処理して、異常放電発生時の超音波発生事象(AE)の大きさを判定して、該警報手段によって警告を発することを特徴とする請求の範囲第1項記載のプラズマ異常放電検出装置。
7. プラズマ処理装置に電氣的に絶縁して取付ける手段を超音波検出手段に設置したことを特徴とする請求の範囲第6項記載のプラズマ異常放電検出装置。
25

8. 警報手段を具備し、データ処理手段が検出超音波波形をデータ処理して、異常放電発生時の超音波発生事象（A E）の大きさを判定して、該警報手段によって警告を発することを特徴とする請求の範囲第1項記載のプラズマ異常放電検出装置。

5 9. プラズマ処理装置に電氣的に絶縁して取付ける手段を超音波検出手段に設置したことを特徴とする請求の範囲第8項記載のプラズマ異常放電検出装置。

10 10. プラズマ処理装置の所定の位置に超音波検出手段を設置して、プラズマの異常放電発生を検出することを特徴とするプラズマ異常放電検出方法。

11. プラズマ処理装置の所定の位置に複数の超音波検出手段を設置して、複数の超音波検出手段への超音波伝播時間の差に基づいてプラズマ異常放電発生する部位を検出することを特徴とするプラズマ異常放電検出方法。

15 12. 4個の超音波検出手段が計測した複数の超音波検出手段への超音波伝播時間の差と異常放電源との距離との関係式を反復漸近法により計算して、プラズマ異常放電源が発生する部位を検出することを特徴とする請求の範囲第11項記載のプラズマ異常放電検出方法。

20 13. プラズマ処理装置の処理室壁面の外壁に接着剤を用いて接着されている外側片面とA Eセンサーと音響的接合できるよう平坦に研磨された内側面を有する板状の下部カバーと、

A Eセンサーを囲み込む筒状の上部カバーと

25 から構成され、それらのカバーを連結ネジで連結結合して、A Eセンサーを固定する際、A Eセンサーの入力面と下部カバーの内側面とを適当な圧力で圧接し、音響的に接合させることを特徴とするA Eセンサー・ホールド・ケース。

1 4. 弾性部材を上部カバー内部上側に設けて、上部カバーと下部カバーとを連結結合で固定する際、適当な圧力で、A Eセンサーの入力面と下部カバー内側面に塗布されたカップランドと圧接させることを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

5 1 5. 下部カバーのプラズマ処理装置の処理室と接着剤を用いて接合させる片面のみ絶縁膜で覆うことを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

1 6. 上部カバー内側上部に導電性接触子を備え、上部カバーと下部カバーとを連結結合する際、A Eセンサーに押圧接触してA Eセンサーと
10 上部ケースを同電位にすることを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

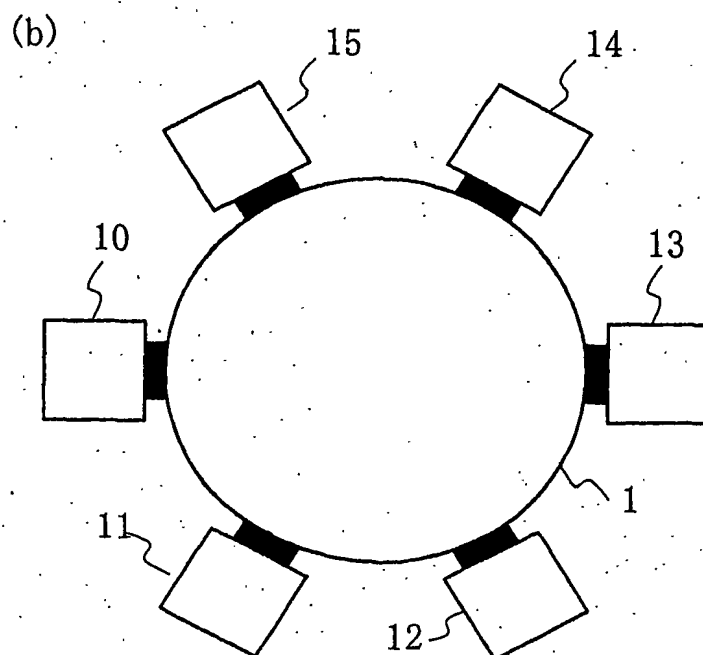
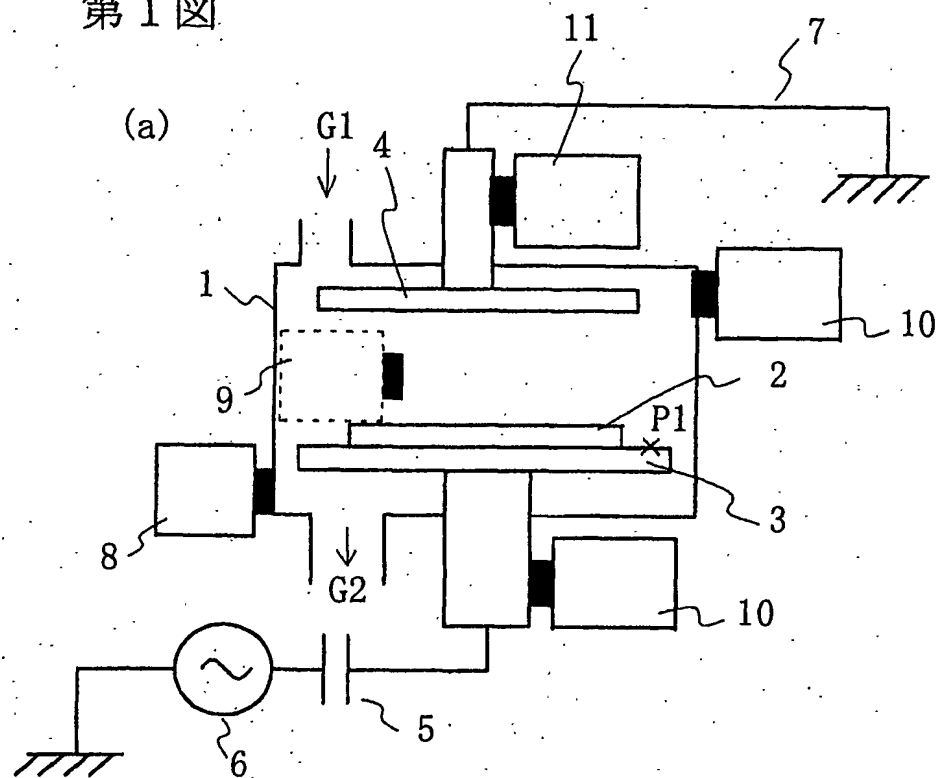
1 7. 上部カバーと下部カバーとが接合する面の間に、音響隔離材を介在させるを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

15 1 8. 上部カバーは、A Eセンサーの出力コネクタを通すために天井部、或いは側面に開口を備えていることを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

1 9. 下部カバーの内側周辺部にA Eセンサーの外周に添うようにゴム性のブッシングを設けて、A Eセンサーを下部カバーの所定の位置に保持
20 し、上部カバーと下部カバーとを連結結合する際、A Eセンサーを上部カバーに接触しないようにすることを特徴とする請求の範囲第13項記載のA Eセンサー・ホールド・ケース。

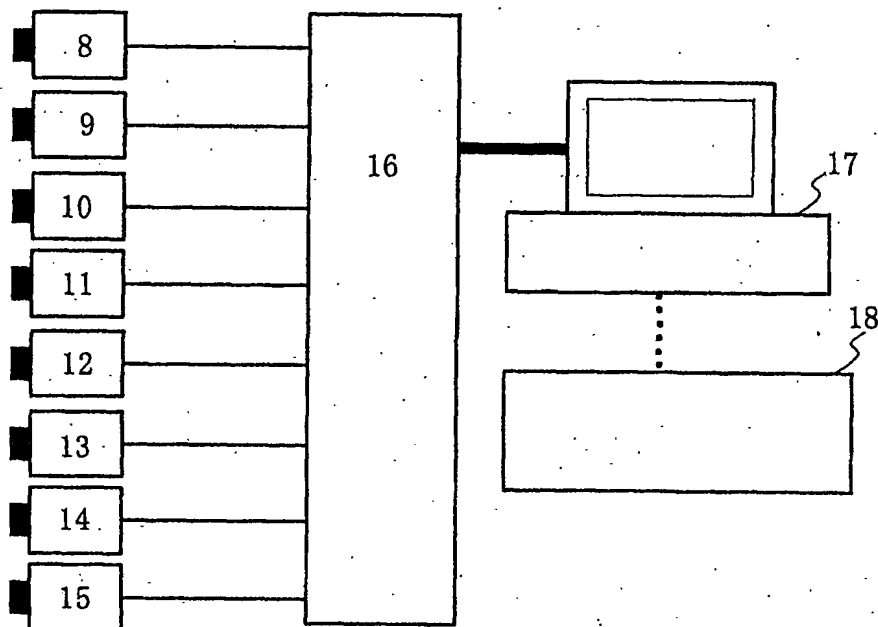
1 / 2 1

第 1 図



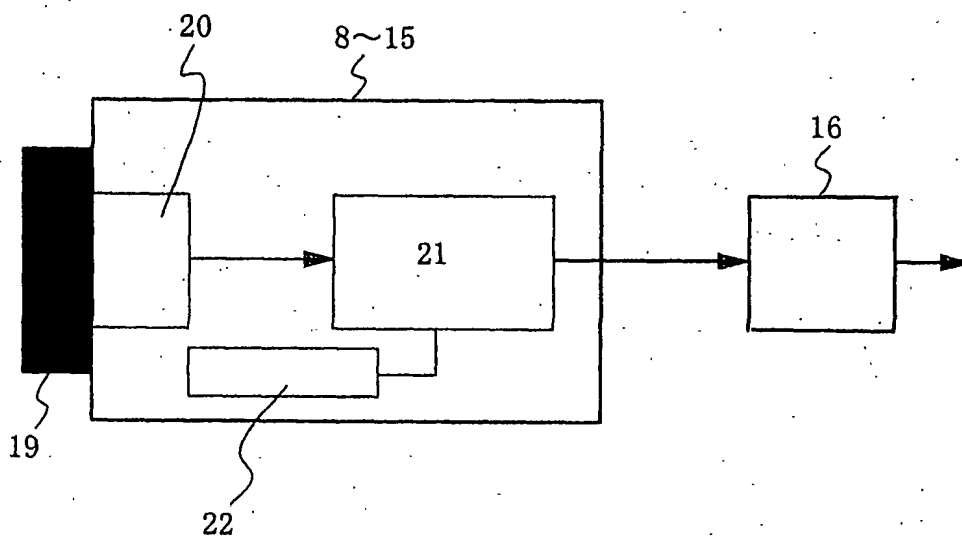
2 / 2 1

第2図



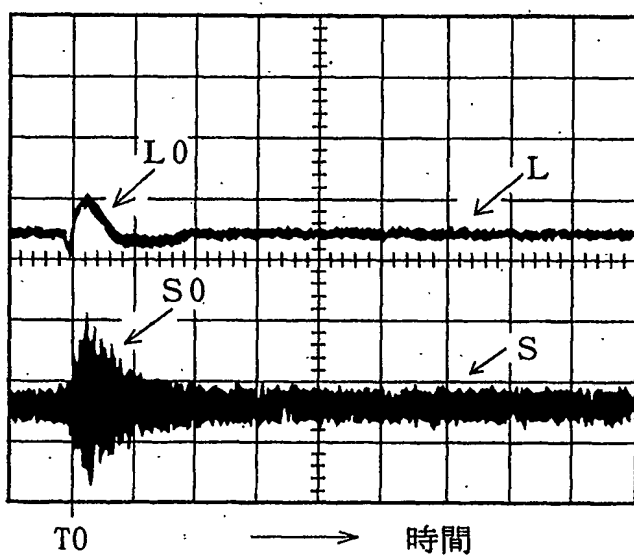
3 / 2 1

第3図



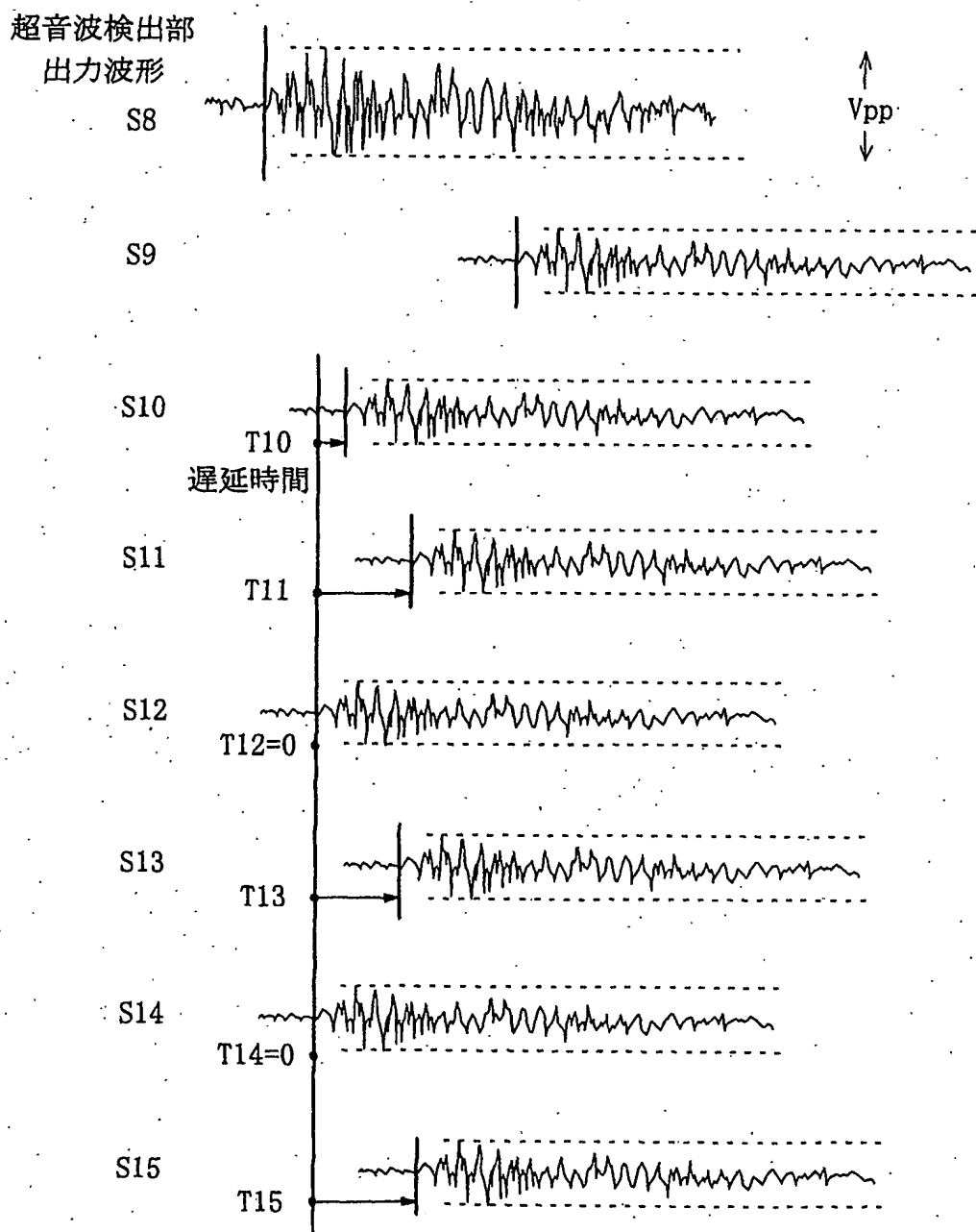
4 / 2 1

第4図



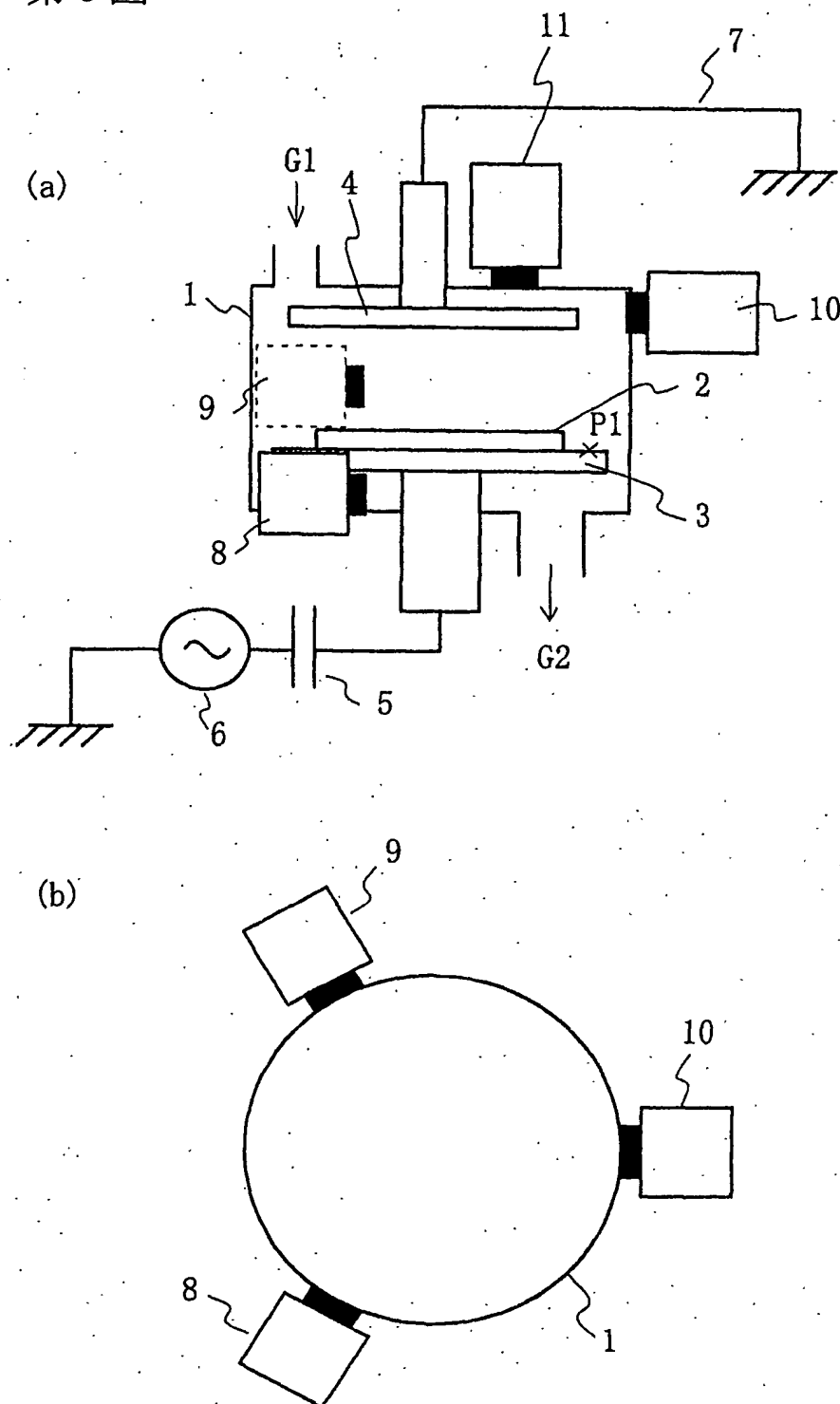
5 / 21

第5図



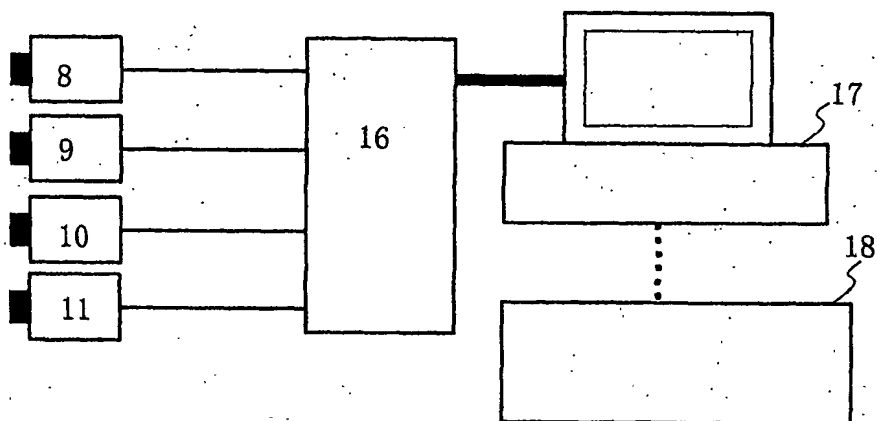
6 / 2 1

第6図



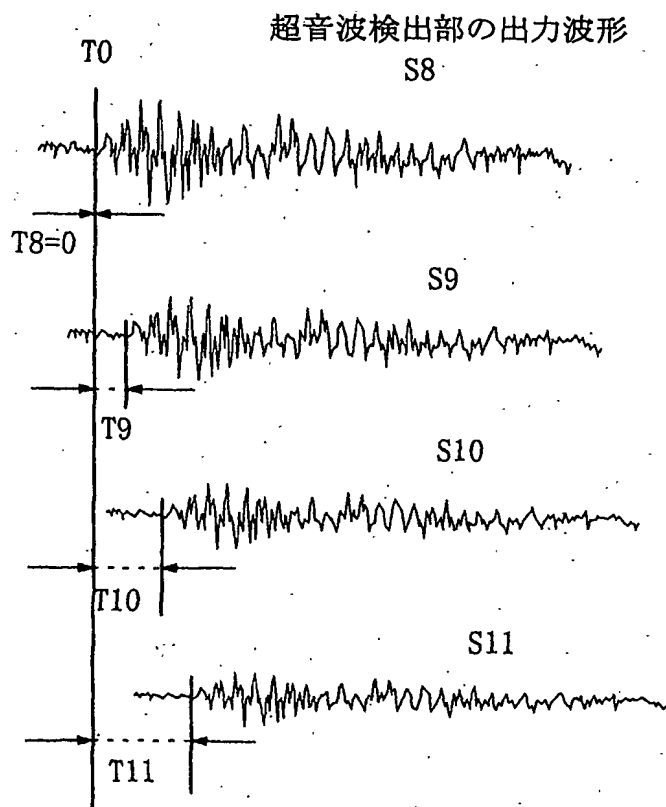
7 / 21

第7図



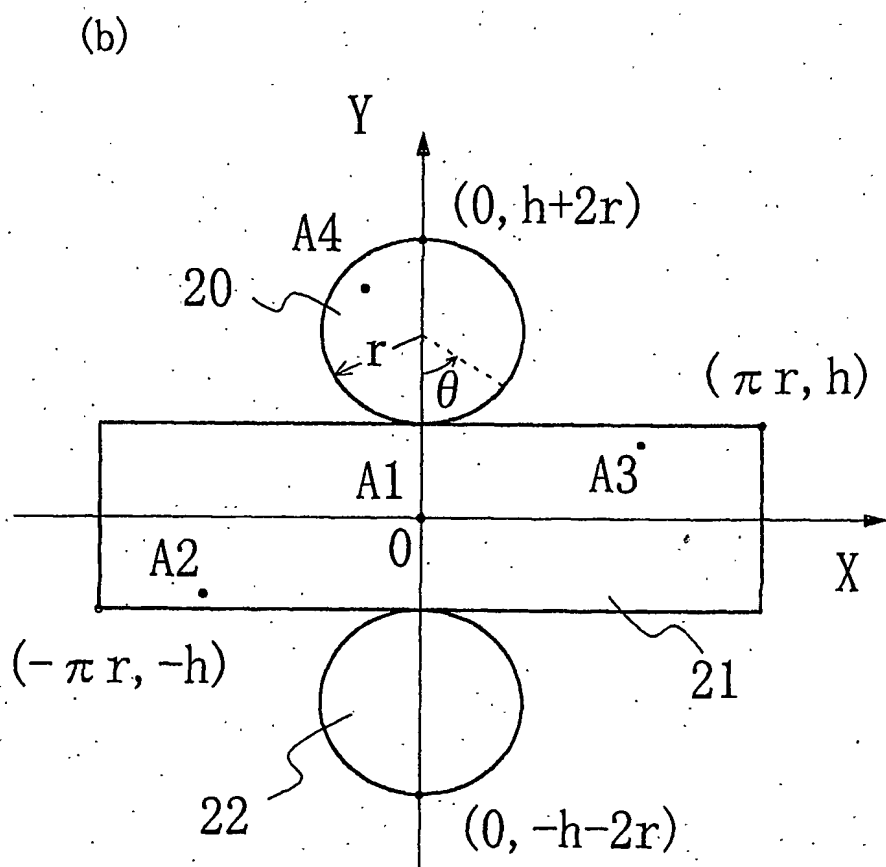
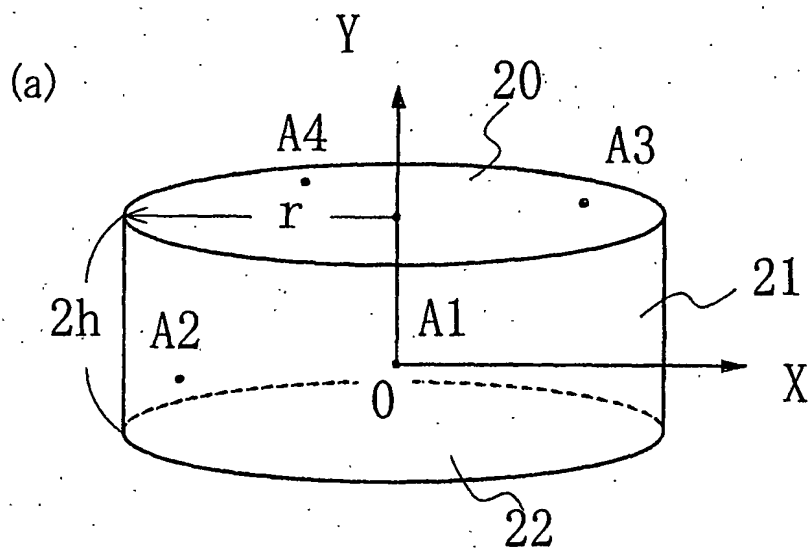
8 / 21

第8図



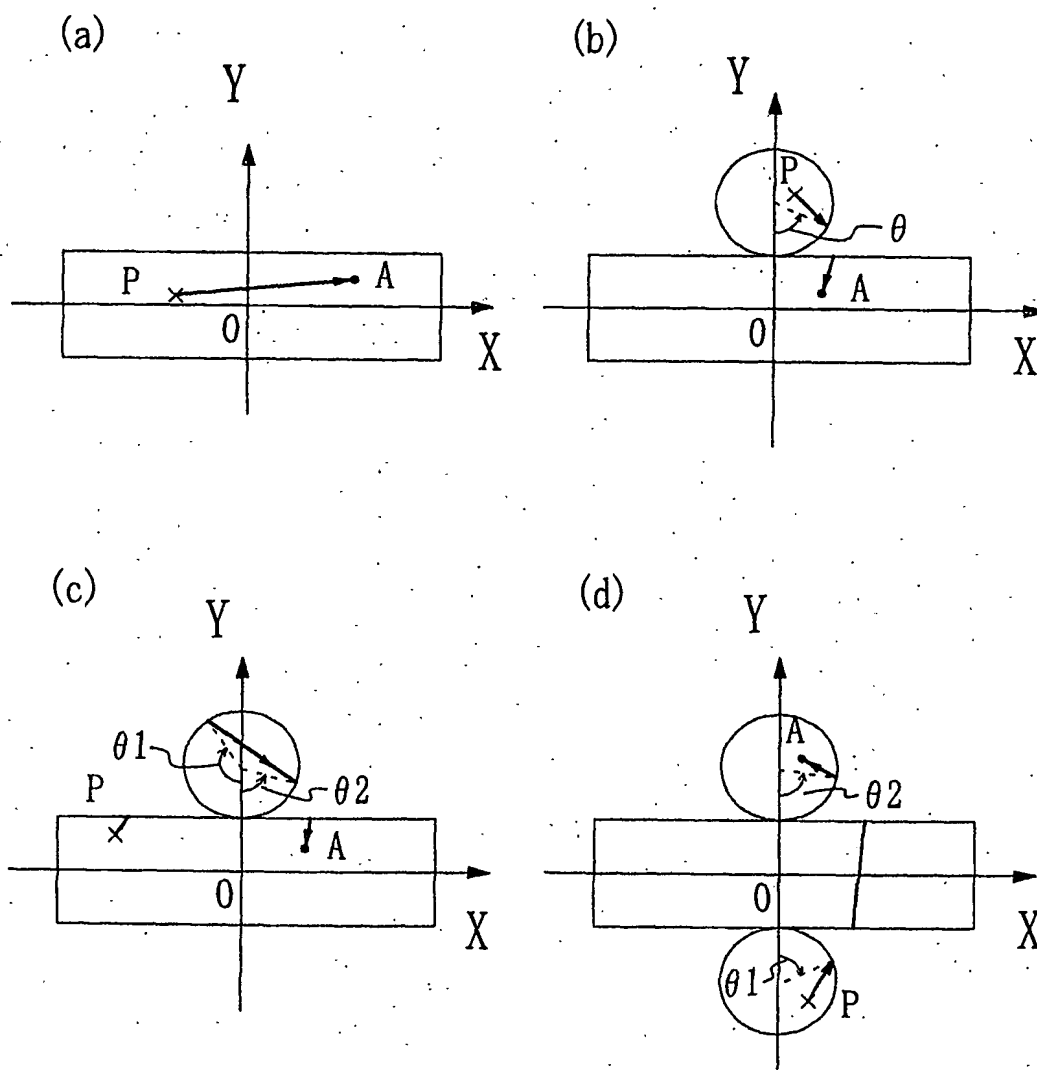
9 / 2 1

第 9 図



10/21

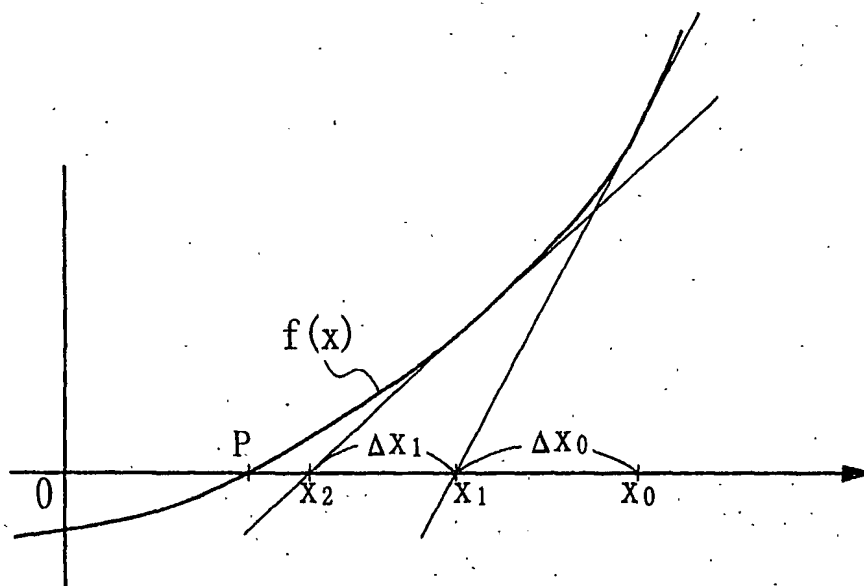
第10図



11 / 21

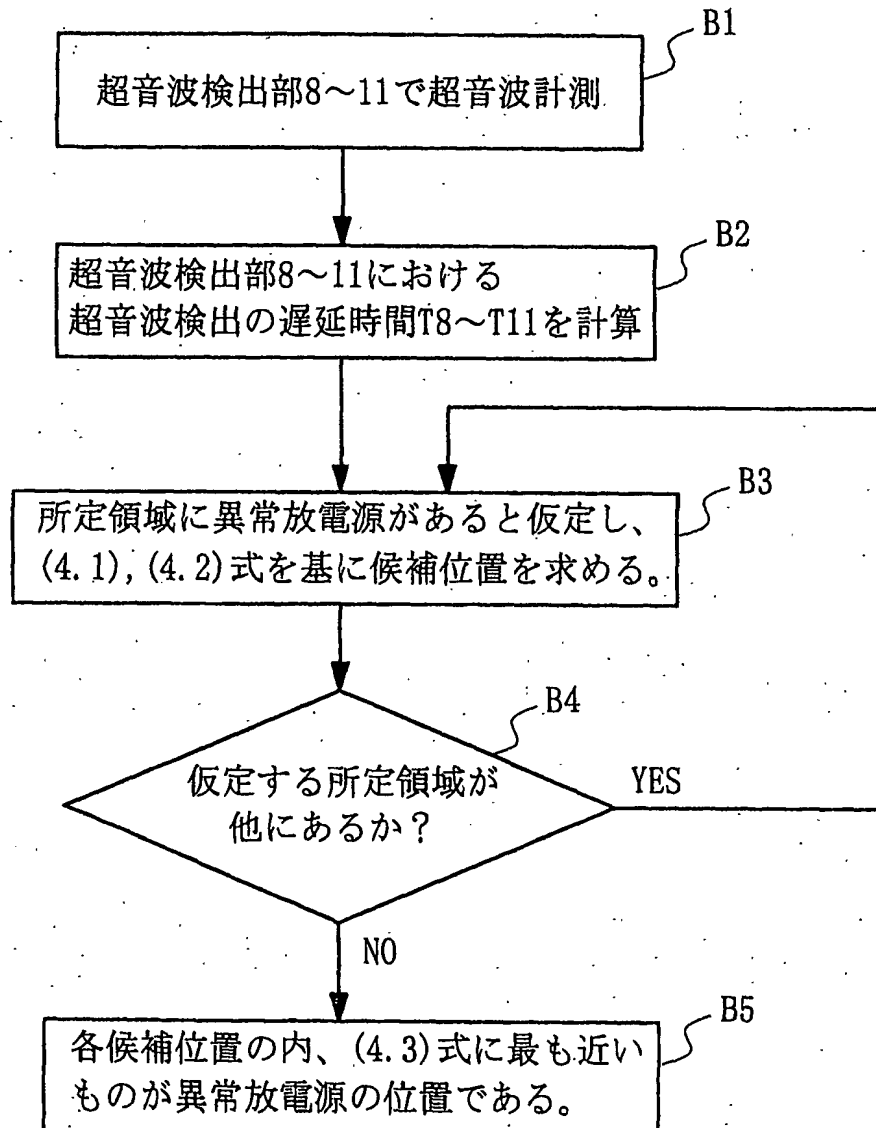
第11図

ニュートン法による
 $f(x) = 0$ の解法



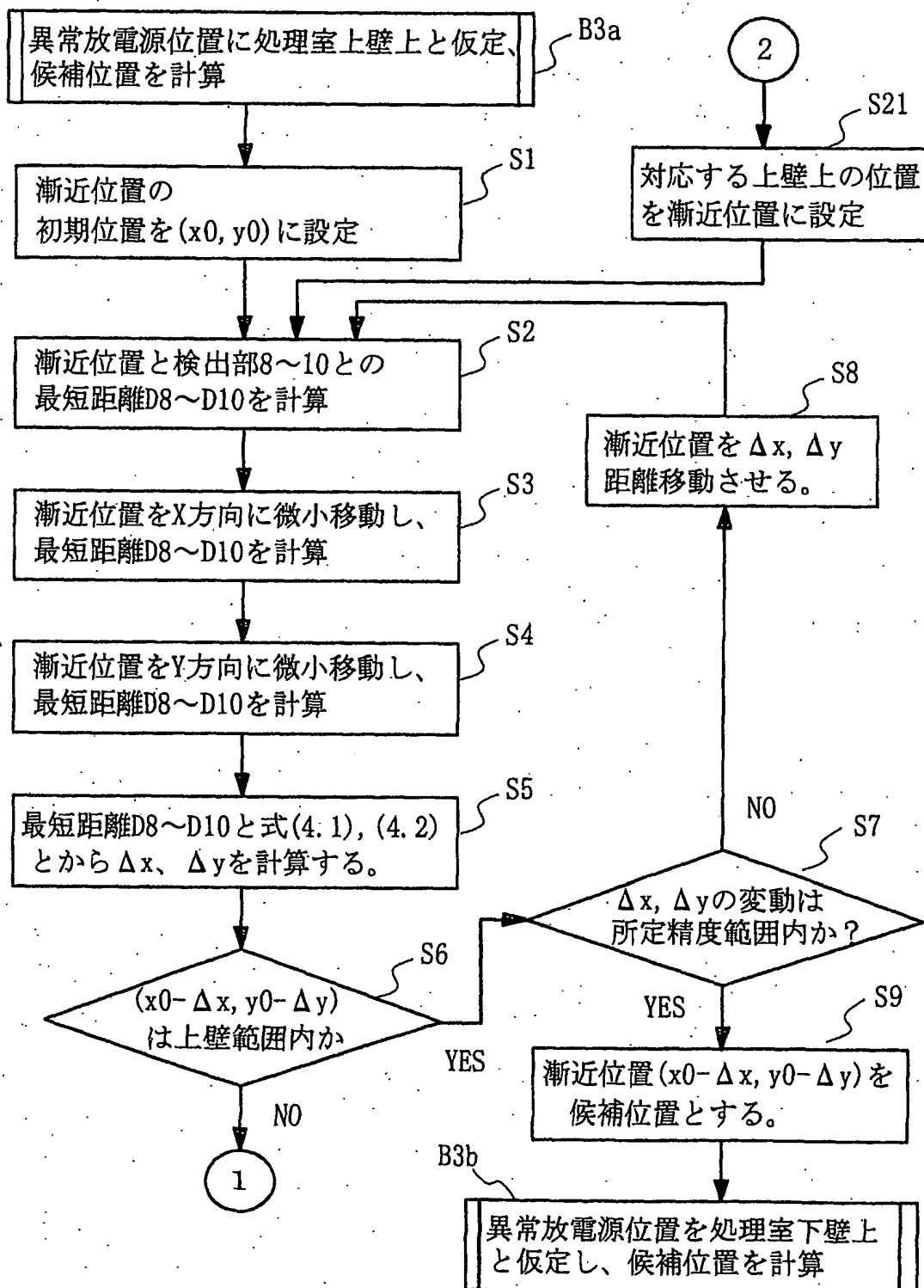
12 / 21

第12図



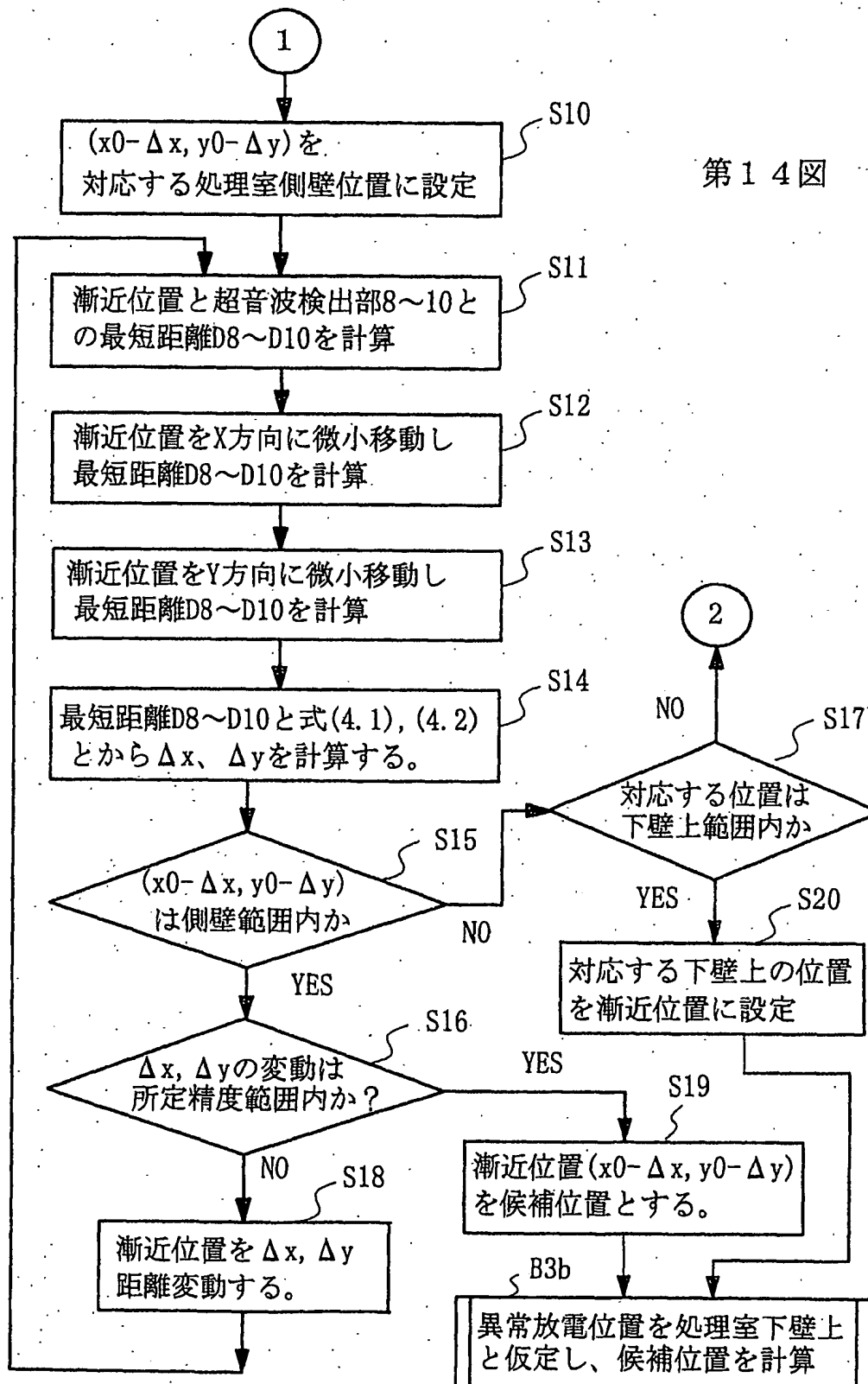
13 / 21

第13図



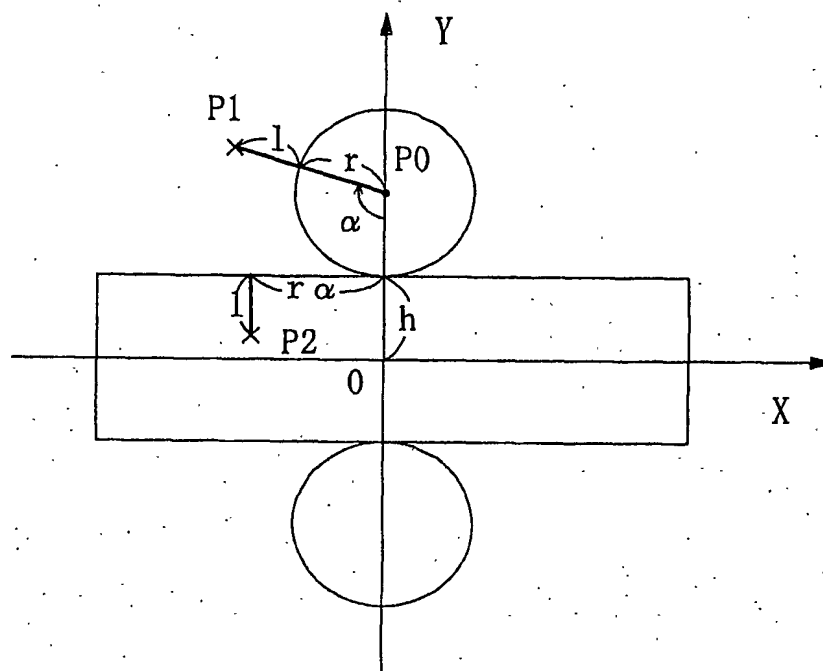
14 / 21

第14図

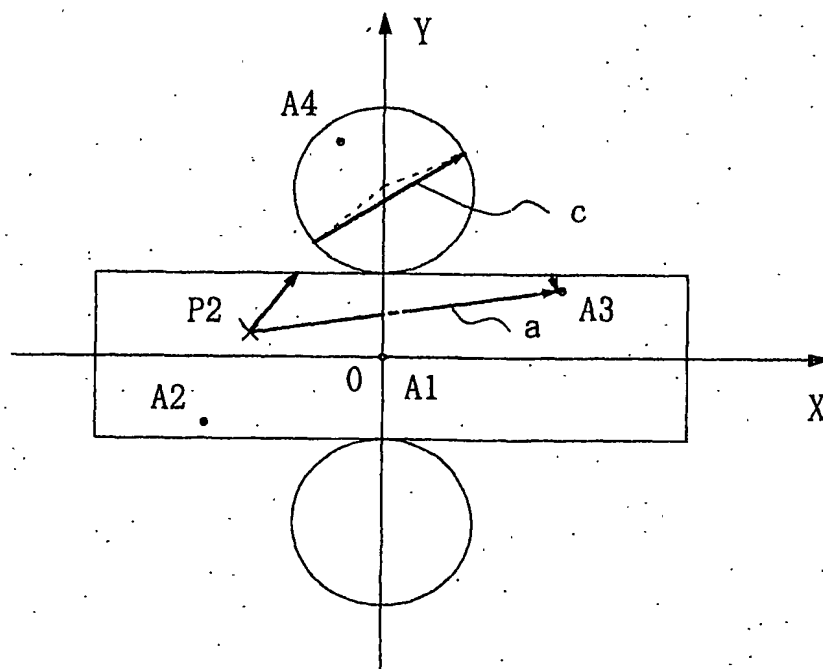


16 / 21

第 16 図

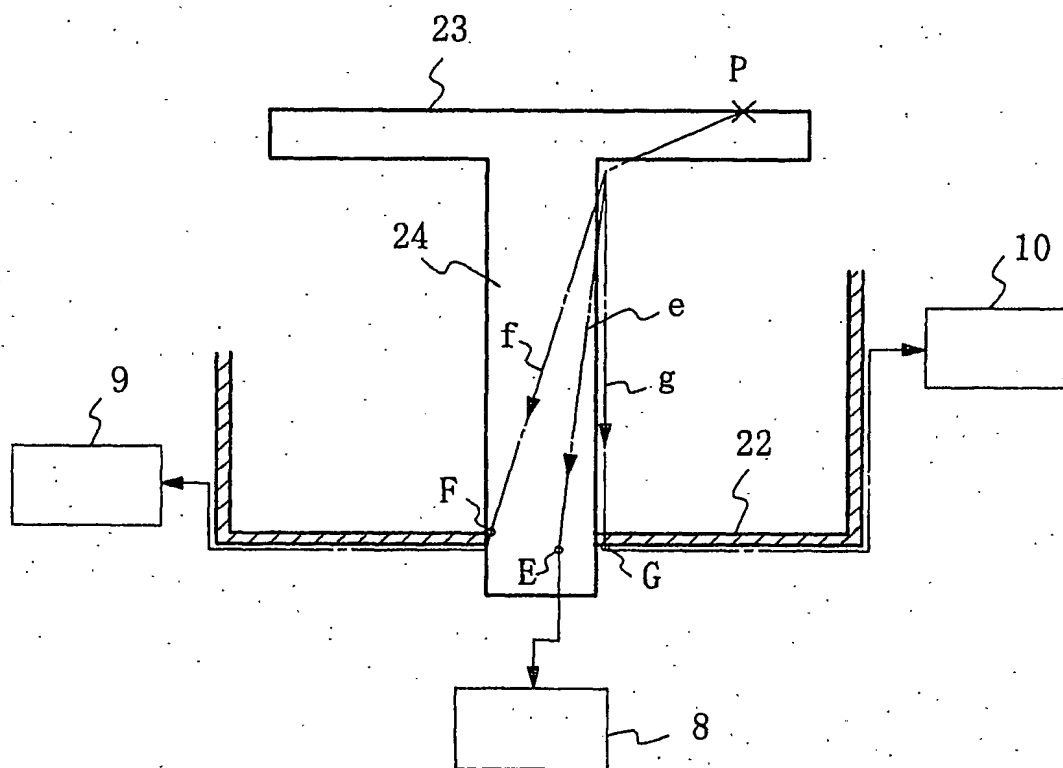


第 17 図



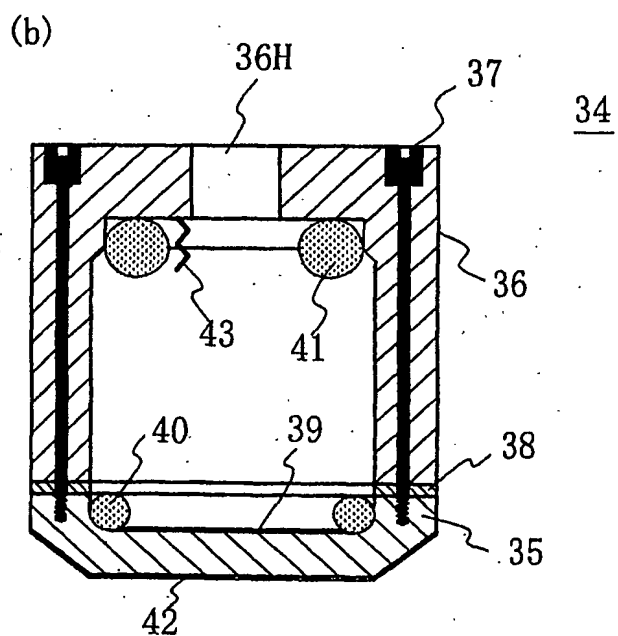
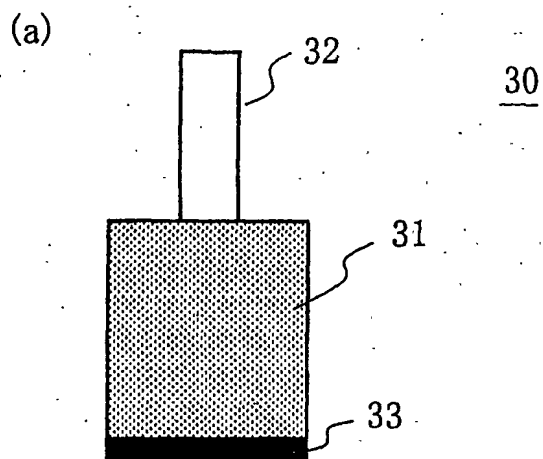
17/21

第18図



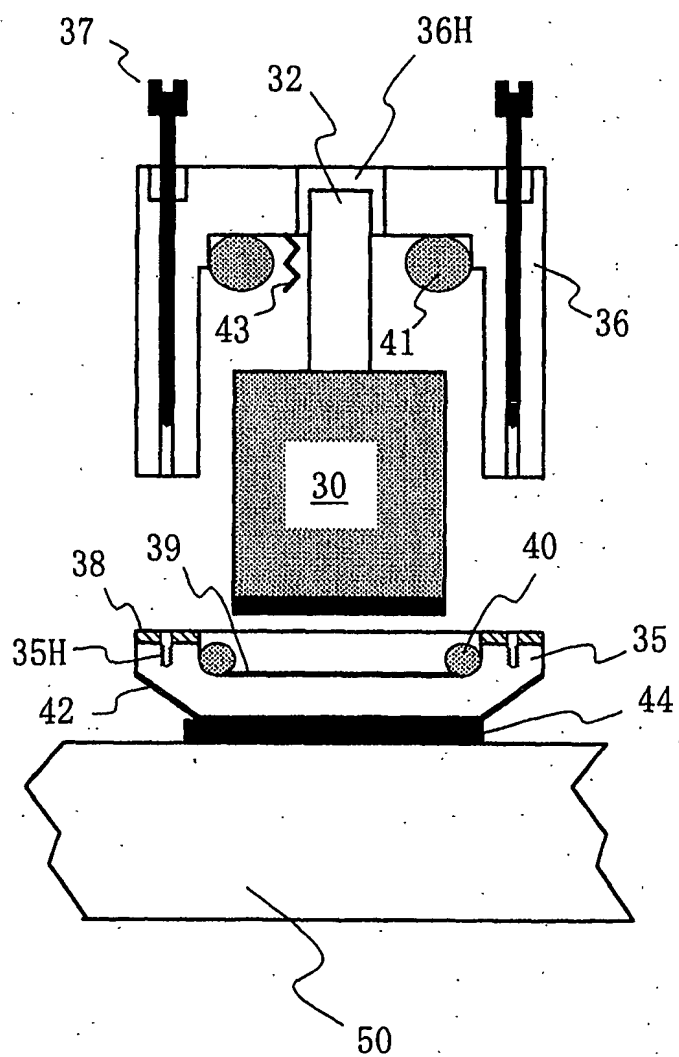
18 / 21

第1.9図



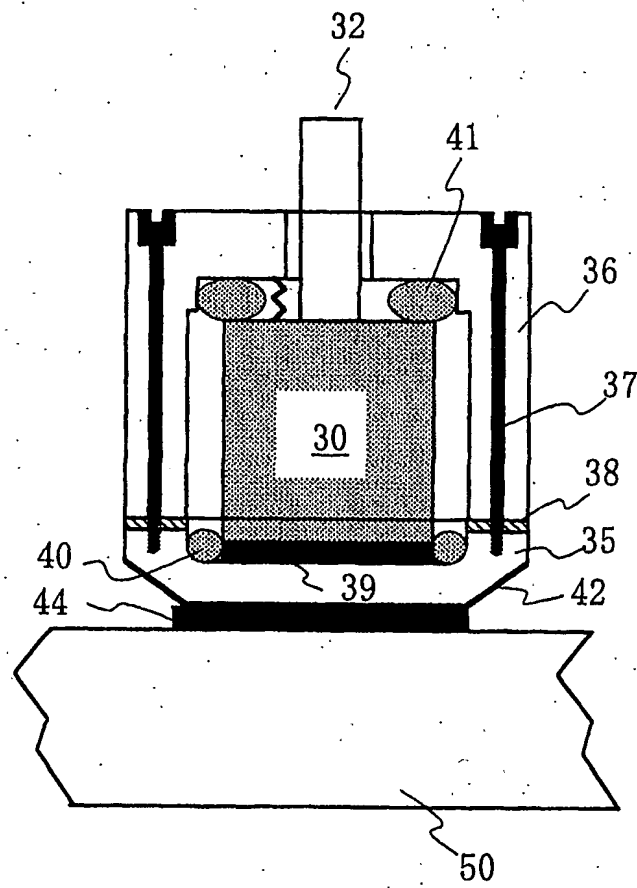
19 / 21

第20図



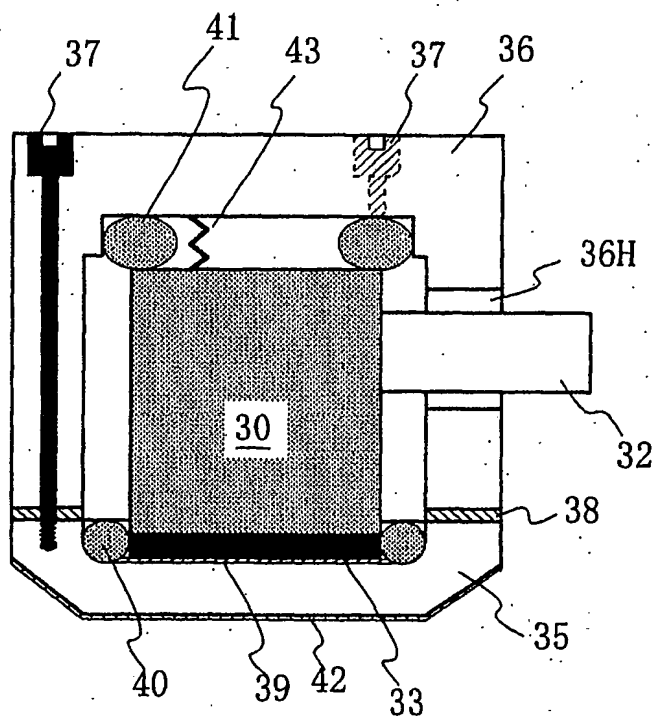
20/21

第21図



21 / 21

第 2 2 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05H1/00, H01L21/205, H01L21/302, B01J19/08, G01N29/04, G01H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05H1/00, H01L21/205, H01L21/302, B01J19/08, G01N29/04, G01H1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1940-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2001 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2001 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2001 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | US, 5810963, A (Kabushiki Kaisha Toshiba), 22 September, 1998 (22.09.98), Column 11, lines 31 to 65; Column 13, line 65 to Column 14, line 52; Fig. 12 | 1, 6, 8, 10 |
| A | & JP, 10-074734, A Par. Nos. [0028] to [0030], 0040; Fig. 2 | 2-5, 7, 9 |
| Y | GB, 2230993, A (Institut elektrosvariki imeni E O Patona Adakdemii nauk Ukrainskoi SSR), 07 November, 1990 (07.11.90), Full text; all drawings | 1, 6, 8, 10 |
| A | & JP, 03-501827, A Claims; page 3, lower left column, line 3 to page 4, lower left column, line 7; Fig. 3 | 2-5, 7, 9 |
| Y | JP, 07-055874, A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 03 March, 1995 (03.03.95), | 1, 6, 8, 10 |
| A | Par. Nos. 0008 to 0010; Figs. 1 to 2 (Family: none) | 2-5, 7, 9 |
| A | JP, 06-265338, A (NGK Insulators, Ltd.), 20 September, 1994 (20.09.94), Full text; all drawings (Family: none) | 5, 12 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance"E" earlier document but published on or after the international filing
date"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 June, 2001 (12.06.01)Date of mailing of the international search report
26 June, 2001 (26.06.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02536

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP, 09-145346, A (Nagoya Denki kogyo K.K.), 06 June, 1997 (06.06.97), Full text; all drawings (Family: none) | 5, 12 |
| A | JP, 52-143882, A (IWATSU ELECTRIC CO., LTD.), 30 November, 1977 (30.11.77), Full text; all drawings (Family: none) | 5, 12 |
| Y | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 24308/1985 (Laid-open No. 32364/1987), (Omron Tateishi Electronics Co.), 26 February, 1987 (26.02.87), | 13 |
| A | Full text; all drawings (Family: none) | 14-19 |
| Y | US, 4635198, A (Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt fur Luft-und Raum-fahrt e.V.), 06 January, 1987 (06.01.87), Column 4, lines 23 to 38; Fig. 2 | 13 |
| A | & JP, 60-060506, A page 4, lower left column, lines 5 to 19; Fig. 2 | 14-19 |
| A | JP, 62-294921, A (Omron Tateishi Electronics Co.), 22 December, 1987 (22.12.87), Full text; all drawings (Family: none) | 13-19 |
| A | JP, 08-220076, A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 30 August, 1996 (30.08.96), Full text; all drawings (Family: none) | 13-19 |

| | | | |
|---|--|---|--|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) | | | |
| Int. Cl ⁷ H05H1/00, H01L21/205, H01L21/302, B01J19/08 G01N29/04, G01H1/00 | | | |
| B. 調査を行った分野 | | | |
| 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) | | | |
| Int. Cl ⁷ H05H1/00, H01L21/205, H01L21/302, B01J19/08 G01N29/04, G01H1/00 | | | |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの | | | |
| 日本国実用新案公報 1940-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年 | | | |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) | | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 | |
| Y | US, 5810963, A (Kabushiki Kaisha Toshiba) 22.9月.1998 (22.09.98), 第11欄第31行-第65行, 第13欄第65行-第14欄第52 行, 第12図 | 1, 6, 8, 10 | |
| &A | &JP, 10-074734, A, 段落0028-0030, 0040, 図2 | 1-12 | |
| Y | GB, 2230993, A (Institut elektrosvariki imeni E O Patona Adakdem ii nauk Ukrainskoi SSR) 07.11月.1990 (07.11.90), 全文, 全図 &JP, 03-501827, A, 請求の範囲, 第3頁左下欄第3行-第4頁左下欄 第7行, 第3図 | 1, 6, 8, 10 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。 | | | |
| * 引用文献のカテゴリー | | の日の後に公表された文献 | |
| 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | | 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの | |
| 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの | | 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの | |
| 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) | | 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの | |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | | 「&」 同一パテントファミリー文献 | |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | | | |
| 国際調査を完了した日 12.06.01 | | 国際調査報告の発送日 26.06.01 | |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | | 特許庁審査官 (権限のある職員) 山口 敦司 電話番号 03-3581-1101 内線 3225 | |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| & A | | 1 - 12 |
| Y | JP, 07-055874, A (東洋電機製造株式会社) 3. 3月. 1995 (03. 03. 95), 段落 0008 - 0010, 図 1 - 2 (ファミリーなし) | 1, 6, 8, 10 |
| & A | | 1 - 12 |
| A | JP, 06-265338, A (日本碍子株式会社) 20. 9月. 1994 (20. 09. 94), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 5, 12 |
| A | JP, 09-145346, A (名古屋電機工業株式会社) 6. 6月. 1997 (06. 06. 97), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 5, 12 |
| A | JP, 52-143882, A (岩崎通信機株式会社) 30. 11月. 1977 (30. 11. 77), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 5, 12 |
| Y | 日本国実用新案登録出願60-124308号 (日本国実用新案登録出願公開62-32364号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (立石電機株式会社) 26. 2月. 1987 (26. 02. 87), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 13 |
| & A | | 13 - 19 |
| Y | US, 4635198, A (Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt fur Luft-und Raum-fahrt e. V.) 6. 1月. 1987 (06. 01. 87), 第4欄第23行 - 38行, 第2図 & JP, 60-060506, A, 第4頁左下欄第5行 - 19行, 第2図 | 13 |
| & A | | 13 - 19 |
| A | JP, 62-294921, A (立石電機株式会社) 22. 12月. 1987 (22. 12. 87), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 13 - 19 |
| A | JP, 08-220076, A (東洋電機製造株式会社) 30. 8月. 1996 (30. 08. 96), 全文, 全図 (ファミリーなし) | 13 - 19 |